

Авторы доклада убедительно показывают, что введение платы за углерод является политической неизбежностью, но Россия может выиграть от него, если займет не оборонительную, а наступательную позицию и сможет стать частью решения углеродной проблемы. Министерство природных ресурсов и экологии нацелено на всемерную поддержку инициатив в этой сфере.

А.А. Козлов,
*министр природных ресурсов и экологии
Российской Федерации*

Доклад демонстрирует глубокое понимание авторами актуальной климатической проблематики и фактологии. Наступает Зеленое время! В битве за климат мы не имеем права проиграть! Задача России — войти в глобальную повестку полноправным и ключевым игроком, крупнейшим поставщиком экологических и климатических решений для мира.

И.В. Стариков,
*заместитель председателя Центрального совета
Всероссийского общества охраны природы,
ведущий научный сотрудник
Института экономики РАН*

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

Под редакцией А.Ю. Иванова, Н.Д. Дурманова



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
Институт права и развития ВШЭ — Сколково
Центр технологического трансфера НИУ ВШЭ
Международный центр конкурентного права и политики БРИКС

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

Экспертный доклад

Под редакцией А.Ю. Иванова, Н.Д. Дурманова



Издательский дом
Высшей школы экономики
Москва, 2021

УДК 631.147
ББК 40.0
Б66

Рецензент

И.В. Стариков, заместитель председателя Центрального совета
Всероссийского общества охраны природы, ведущий научный сотрудник
Института экономики РАН

Авторский коллектив:

А.Ю. Иванов, Н.Д. Дурманов (руководители авторского коллектива),
М.П. Орлов, К.В. Пиксэндеев, Ю.Е. Ровнов, П.О. Лукаша, И.А. Макаров,
А.В. Птичников, И.А. Степанов, М.М. Харченко, Г.М. Чертков

Под редакцией *А.Ю. Иванова, Н.Д. Дурманова*

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России
Б66 [Текст] : экспертный доклад / под ред. А. Ю. Иванова, Н. Д. Дурманова (рук-ли авт. кол.) ; М. П. Орлов, К. В. Пиксэндеев, Ю. Е. Ровнов и др. ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. — 120 с. — 100 экз. — ISBN 978-5-7598-2519-7 (в обл.). — ISBN 978-5-7598-2281-3 (e-book).

В докладе показано, что природно-климатические условия позволяют России быть не объектом, а активным субъектом мировой углеродной политики, предлагать другим странам решения стоящих перед ними климатических вызовов и не только не потерять, но и выиграть в этих условиях.

Благодаря внедрению методов карбонового земледелия существенно сократится углеродный след российской сельхозпродукции, и российский сельхозпроизводитель, землепользователь превратится в поставщика услуг по поглощению углерода. Обширные лесные массивы нашей страны могут стать фабриками по депонированию углерода, способными поглощать сотни миллионов тонн углекислого газа в год. Программа выведения регенеративных сортов (и даже новых видов) сельскохозяйственных культур и лесных растений может стать одним из ключевых элементов стратегии социально-экономического развития России, разработка которой предусмотрена Указом Президента Российской Федерации.

В докладе предлагаются меры, направленные на реализацию Россией возможностей в рамках новой международной климатической повестки.

УДК 631.147
ББК 40.0

Опубликовано Издательским домом Высшей школы экономики
<http://id.hse.ru>

doi:10.17323/978-5-7598-2519-7

ISBN 978-5-7598-2519-7 (в обл.)
ISBN 978-5-7598-2281-3 (e-book)

© Авторы, 2021
© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2021

Содержание

Вступительное слово.....	5
Резюме	7
I. Введение	14
II. Глобальные вызовы.....	21
1. Торговые барьеры: позиции США и ЕС	21
2. Соответствие углеродного корректирующего механизма международным обязательствам в рамках ВТО	27
3. Ситуация в других странах мира	32
4. Сельскохозяйственная продукция в контексте мер по противодействию изменению климата и пограничного корректирующего механизма.....	39
III. Карбоновое земледелие и лесное хозяйство	42
1. Стратегии секвестрации и биологические методы	42
2. Понятие и принципы карбонового земледелия и лесного хозяйства. Агролесные системы.....	43
3. Секвестрация углерода в почве	58
4. Селекция растений	63
IV. Сельскохозяйственный бизнес на углеродном рынке	74
1. Стандарты верификации углеродных проектов	75
2. Рыночные игроки	78
3. Компании, осуществляющие мониторинг выбросов CO ₂ , и технологические провайдеры	84

V. Внутренний контекст	88
1. Способы взаимодействия и нормативный ответ.....	88
2. Текущий баланс: физические ресурсы возможности.....	93
3. Возможности российского лесного и регенеративного сельского хозяйства	98
4. Необходимые ближайшие шаги.....	103
Литература.....	106
Об авторах	119

Вступительное слово

Явная тенденция к выводу вопросов изменения климата на первый план мировой политико-экономической повестки наметилась в последние несколько месяцев.

Назревший в глобальных экономических центрах консенсус о легитимности торговых ограничений для товаров с высоким углеродным следом — реальная угроза для российского экспорта. Уже сегодня некоторые мировые биржи требуют от эмитентов предоставления отчетности о выбросах парниковых газов. Добывающие и металлургическая отрасли, производители удобрений, а впоследствии и другие сектора экономики, включая сельское хозяйство, рискуют столкнуться с постоянным сужением экспортных рынков, которое будет происходить по мере перехода все большего числа стран на стандарты лидеров климатической гонки. Речь идет о перспективе возведения барьеров не только на рынках ЕС или США, но и на всех рынках, которые ведут с ними активную торговлю.

Однако природно-климатические условия позволяют России быть не объектом, а активным субъектом мировой углеродной политики. Обширные лесные массивы нашей страны, десятки миллионов гектаров выведенных из оборота сельхозземель при должной подготовке (профилактика пожаров, выстраивание защитных лесополос и т.д.) могут стать огромными фабриками по депонированию углерода, способными поглощать, по некоторым оценкам, сотни миллионов тонн углекислого газа в год. Переход сельского хозяйства на ресурсосберегающие практики, внедрение методов карбонового земледелия позволят существенно сократить углеродный след российской сельхозпродукции, превратить российского сельхозпроизводителя, землепользователя в поставщика услуг по поглощению углерода. Россия может и должна стать лидером в торговле карбоновыми кредитами в рамках мировой секвестрационной индустрии.

Внедрение новых методов хозяйствования потребует и новых подходов к селекции сельскохозяйственных и лесных растений,

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

переориентации селекционной работы на новые характеристики, включая повышение способности к поглощению атмосферного углерода и снижение потребности в применении удобрений и средств защиты растений.

Приглашение авторов доклада к разговору о возможной стратегии России в новой «углеродной реальности» можно только приветствовать. На необходимость этой работы они уже обращали внимание в совместном докладе НИУ ВШЭ и ФАС России «Селекция 2.0». Предложенные в нем идеи могут стать отправной точкой для всестороннего обсуждения стратегического пути развития российской селекции.

Министерство природных ресурсов и экологии реализует национальный проект «Экология», целью которого является создание комфортной и безопасной среды для жизни людей. Распространение практик углеродного земледелия и лесопользования будет напрямую способствовать достижению этой цели благодаря активизации охраны, защиты и воспроизводства лесов, снижению площадей лесных пожаров, увеличению поглощающей способности лесов. Организация в России карбоновых ферм, адаптированных под особенности конкретных территорий и экосистем, позволит отработать лесные и агротехнологии, направленные на максимальное активное поглощение углекислого газа из атмосферы.

Авторы доклада убедительно показывают, что введение платы за углерод является политической неизбежностью, но Россия может выиграть от него, если займет не оборонительную, а наступательную позицию и сможет стать частью решения углеродной проблемы. Министерство природных ресурсов и экологии нацелено на всемерную поддержку инициатив в этой сфере.

А.А. Козлов,
*министр природных ресурсов и экологии
Российской Федерации*

Резюме

Планы ЕС по введению пограничного корректирующего углеродного механизма подтолкнули многих производителей «углеродоемкой» продукции, экспортируемой в ЕС, к пересмотру своей углеродной стратегии. За последние несколько месяцев стало понятно, что появление такого механизма в том или ином виде неизбежно. Более того, аналогичные меры могут быть приняты и в США: программа нового президента прямо предусматривает введение «корректирующего углеродного сбора» в отношении стран, «не исполняющих обязательства по климату и охране окружающей среды». В случае реализации этого сценария велика вероятность срабатывания эффекта домино: экспортеры на эти рынки будут вынуждены переходить на более высокие углеродные стандарты стран-импортеров, а значит, и защищать своих производителей аналогичными мерами. Непринятие Россией мер по разработке и реализации стратегии сокращения выбросов парниковых газов будет означать постепенное сужение экспортных рынков. Может оказаться, что переключиться с рынка ЕС будет попросту некуда: на других рынках будут воздвигнуты аналогичные барьеры.

Оспаривание «углеродных корректировок» во Всемирной торговой организации вряд ли приведет к желаемым результатам: если конкретные формы реализации механизма и могут быть признаны не соответствующими тем или иным нормам ВТО (например, о запрете на дискриминацию), сама идея такого механизма — в условиях его поддержки экономическими центрами мира, включая ЕС и США, и выхода вопросов изменения климата на первый план международной повестки — с высокой вероятностью будет признана легитимной. Кроме того, система разрешения споров ВТО на сегодня остается заблокированной (США препятствуют назначению членов Апелляционного органа, ссылаясь на нарушения в его работе; новая администрация пока не демонстрировала готовность менять ситуацию в обозримом будущем), поэтому подача жалобы в ближайшее время бесперспективна. Так, выиграв в прошлом году спор с ЕС о энергокорректиров-

ках, Россия не может требовать исполнения решения третейской группы, поскольку ЕС подал апелляцию в нефункционирующий Апелляционный орган, чем добился сохранения статус-кво на неопределенный срок.

Инициативы по введению цены на углерод — в виде углеродного налога или системы торговли выбросами — получают все большее распространение в мире, на сегодняшний день их уже насчитывается около 60. В одном лишь 2019 г. начали работу 10 таких инициатив — столько же, сколько за три года до этого. Первый в Африке налог на углерод был введен в Южно-Африканской Республике (ЮАР), а первопроходцем в Азии стал Сингапур. С 1 февраля 2021 г. национальная система торговли выбросами начала работу в Китае.

В этих обстоятельствах одним из ключевых элементов ответа России на климатические угрозы и связанные с ними торговые барьеры может стать сельское и лесное хозяйство.

Весьма вероятно, что в перспективе сельскохозяйственная продукция так или иначе подпадет под корректирующий механизм ЕС. С учетом того что сельскохозяйственный сектор является предметом особой защиты в ЕС, нет оснований полагать, что, защищая конкуренцию на своем рынке с помощью углеродного корректирующего механизма, Еврокомиссия откажется от использования этого инструмента и для защиты европейского сельхозпроизводителя.

Более того, на международном уровне начинает формироваться понимание, что в вопросе изменения климата сельхозпроизводство «не только источник проблемы, но и ключевой элемент решения». Если раньше сельское хозяйство воспринималось, с одной стороны, как одна из причин изменения климата, а с другой — как одна из основных его жертв, и вопрос ставился только о сокращении воздействия климатических изменений на сельхозпроизводство и его адаптации к меняющемуся климату, то сегодня речь идет о том, что сельское хозяйство может стать источником технологий, обеспечивающих удаление (секвестрацию) парниковых газов из атмосферы.

Методы хозяйствования, направленные на улавливание углерода из атмосферы, известны как карбоновое (или углеродное)

земледелие (*carbon farming*). Суть карбонового земледелия состоит в увеличении почвенного углерода за счет повышения количества углерода, вносимого в почву, и снижения темпов потерь углерода в результате дыхания и эрозии почвы. Снижение выбросов парниковых газов, связанных с ведением сельского хозяйства, достигается среди прочего за счет минимизации использования агрохимикатов (удобрений, средств защиты растений).

Во многом синонимичным карбоновому земледелию является понятие «регенеративного» (т.е. восстановительного) сельского хозяйства (*regenerative agriculture*), под которым понимается совокупность неразрушающих методов ведения сельского хозяйства, обеспечивающих восстановление почв в процессе хозяйствования.

С помощью современных методов селекции можно получать регенеративные сорта с соответствующими признаками и техническими характеристиками. В рамках новой климатической повестки необходимо выведение сортов и видов сельхозрастений, в том числе принципиально новых, которые обладали бы способностью подавлять сорняки, противостоять вредителям и болезням без помощи агрохимии. Селекция такого рода сортов и видов более сложна, чем селекция для однородных, управляемых, высокопродуктивных систем. Но она необходима в условиях сокращающихся глобальных ресурсов при растущем населении планеты, а также с учетом неизбежного введения в агроиндустрию жестких углеродных стандартов, штрафов, квот. Предметом селекционной работы должны становиться неочевидные свойства и точечное воздействие на молекулярные механизмы, а не простые формулы типа «урожайность/затраты».

Леса, в свою очередь, являются основным природным поглотителем парниковых газов в наземных экосистемах в мире. Будучи ведущей лесной державой мира, Россия располагает естественным природным капиталом в виде накопления лесами 625 млн т парниковых газов ежегодно. Это дает России значительные конкурентные преимущества, так как поглощение выбросов парниковых газов лесами происходит без существенных затрат со стороны государства, стоимость мероприятий по снижению выбросов — например, по тушению лесных пожаров — является умеренной

(3 млрд руб. в год) по сравнению с другими видами мероприятий, например, по повышению энергоэффективности в промышленности. В целом в России имеется огромный и до сих пор никак не использованный резерв снижения углеродного следа продукции за счет существующих защитных и иных категорий лесов на сельскохозяйственных землях.

Леса, расположенные на сельскохозяйственных землях, имеют большое значение для поглощения парниковых газов. Если 1 га лесов на землях лесного фонда в среднем поглощает около 1 т парниковых газов в год, то 1 га защитных и противоэрозионных лесов на сельскохозяйственных землях — около 7 т в год, т.е. в 7 раз больше. При этом, по разным оценкам, от 40 до 90 млн га сельскохозяйственных земель в России заросли лесом, который пока никак не учитывается в национальной статистике поглощения парниковых газов по причине того, что они не относятся к управляемым лесам.

Лесная селекция должна быть направлена на получение сортов и видов с высокими темпами роста и высоким потенциалом секвестрации углерода в климатических условиях России.

В последние годы наряду с активным распространением систем государственного регулирования выбросов парниковых газов, а также различных отраслевых систем регулирования выбросов быстрыми темпами развиваются добровольные схемы зачета сокращения выбросов на основе реализации инвестиционных проектов (*voluntary carbon offsetting*). Добровольные углеродные рынки представляют собой площадки для реализации сделок купли-продажи единиц сокращения выбросов парниковых газов.

Стать участниками добровольных схем сокращения выбросов компании толкает как желание сократить выбросы парниковых газов из-за повышения инвестиционной привлекательности, так и наличие сопряженных выгод, в том числе усиление позиций на отдельных локальных рынках, куда поставляется продукция компании. Проекты охватывают разные сферы деятельности — от сокращения выбросов в сельском хозяйстве посредством уменьшения объемов используемых химических удобрений до повышения энергоэффективности производства и перехода на чистые источники энергии. Все большую популярность приобретают проекты в области лесного хозяйства и землепользования. Они имеют до-

вольно широкую географию и реализуются более чем в 80 странах, однако большинство сконцентрировано в Индии, Китае, США, Турции и Бразилии.

Таким образом, **сельское и лесное хозяйство могут дать России возможность быть не объектом, а одним из ключевых субъектов глобальной климатической повестки, предлагать другим странам решения стоящих перед ними климатических вызовов и не только не потерять, но и выиграть в предлагаемых ей условиях.**

По мнению авторов доклада, для реализации имеющегося потенциала России необходимо:

- обеспечить прозрачность в части разработки регуляторно-правовой базы стандартов измерения и отчетности по выбросам парниковых газов, в том числе обеспечить мониторинг, верификацию, сертификацию проектов на основе уточнения научных знаний о поглощениях на сельскохозяйственных землях и в лесах, в том числе в рамках карбоновых полигонов;
- пересмотреть национальную количественную цель по сокращению выбросов парниковых газов в сторону ее ужесточения;
- запустить систему добровольных проектов для создания возможностей для российских компаний, заинтересованных в сокращении углеродного следа, по реализации проектов в этой сфере (это могут быть авиакомпании, подпадающие под CORSIA, либо компании, подпадающие под пограничное регулирование);
- двигаться к выстраиванию полноценной системы регулирования в стране со стимулами для компаний сокращать выбросы (на основе цены на углерод — в виде системы торговли выбросами, углеродного налога или их гибридной формы) с возможностью встраивания в нее добровольных проектов по сокращению выбросов (в том числе в секторах лесного хозяйства и землепользования);
- интенсифицировать переговорный процесс с ЕС по поводу зачета единиц сокращений в рамках российских проектов по сокращению выбросов — сначала в целях сокращения

- углеродного следа российских компаний, подпадающих под действие пограничного компенсационного углеродного механизма, затем — европейских компаний, охваченных Европейской системой торговли выбросов;
- синхронизировать регуляторно-правовую базу стандартов отчетности и верификации выбросов с международными стандартами, в том числе с подходами США, где проекты регенеративного земледелия уже запускаются;
 - в рамках формирования национальной системы углеродного регулирования отдельно рассмотреть вопрос о создании собственного стандарта (или стандарта в рамках БРИКС) сертификации и верификации единиц сокращения выбросов, учитывающего все локальные особенности, а также усилить взаимодействие в рамках БРИКС (в перспективе — с целью создания системы взаимозачета сокращений);
 - на стратегическом уровне выстраивать комплексную систему землепользования, основанную на учете экосистемных услуг, предоставляемых сельскохозяйственными землями и лесами, включая услуги поглощения выбросов парниковых газов;
 - вовлечь фонд российских заброшенных сельскохозяйственных земель в периметр управляемых;
 - уделить большее внимание подходам, связанным с уходом за лесом (борьба с облесением, защитное лесоразведение, повышение устойчивости лесонасаждений к изменениям климата, лесным пожарам, болезням, борьба с эрозией); в целом усилить контроль за счет выполнения Стратегии защитного лесоразведения в России и облесения;
 - уделить внимание проектам, направленным на усиление профилактики лесных пожаров и сельхозпалов (со стороны арендаторов лесного фонда, а также сельхозпользователей, соседствующих с лесным фондом), совершенствованию охраны лесов от пожаров;
 - поставить задачу для российской селекции по подготовке новых сортов для целей карбонового земледелия и лесных

- проектов. В частности, одной из подзадач будет выведение сортов, способствующих поглощению парниковых газов;
- поставить задачу поддержки экспорта для новых продуктов карбонового земледелия;
 - рассмотреть возможность создания фонда поддержки инициатив карбонового земледелия и предусмотреть механизмы его финансирования.

I. Введение

В соответствии с современными научными представлениями, причиной повышения среднегодовой температуры поверхности Земли является рост концентрации в атмосфере (а именно в ее самом низком слое — тропосфере, который простирается на высоту до 12 км от поверхности Земли) так называемых парниковых газов: углекислого газа (CO_2), метана (CH_4), оксида азота (N_2O), а также гидрофторуглеродов, перфторуглеродов, гексафторида серы (SF_6), трифторида азота (NF_3) и др. Эти газы задерживают инфракрасный спектр солнечной радиации у поверхности планеты, в результате создается парниковый эффект, что способствует ее нагреванию. Чем выше концентрация газов, тем выше температура на Земле.

В официальной науке к настоящему времени сформировался консенсус о том, что причиной роста концентрации парниковых газов в атмосфере является хозяйственная деятельность человека, в частности, сжигание ископаемых видов топлива или сельскохозяйственное производство. Осознание этой проблемы привело государства к принятию Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК), которая вступила в силу 21 марта 1994 г. и участниками которой на сегодня являются 197 стран [ООН, 2021] (в том числе Россия). Как указано в ст. 2 РКИК, ее конечная цель — «добиться ... стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему», причем сделать это «в сроки, достаточные для естественной адаптации экосистем к изменению климата».

Реализация этой цели возлагалась на Киотский протокол к РКИК, по которому часть ее сторон (так называемые «стороны, включенные в Приложение I» РКИК, т.е. более экономически благополучные страны) принимали на себя конкретные обяза-

тельства по сокращению выбросов парниковых газов в течение «первого пятилетнего периода обязательств» (с 2008 по 2012 г.) относительно базового года (обычно — 1990 г.). Для облегчения задачи Киотский протокол допускал торговлю неизрасходованными единицами снижения выбросов между странами, принявшими на себя обязательства; возможность совместной реализации проектов (инвестиции одной страны в проекты в другой в обмен на единицы снижения выбросов); возможность получения зачетных единиц для стран, включенных в Приложение I, в обмен на поддержку реализации проектов сокращения выбросов в иных (т.е. менее экономически благополучных) странах.

Дохийской поправкой 2012 г. был установлен второй период обязательств (с 2013 по 2020 г.), но из-за отказа крупных стран, включая Россию, брать на себя количественные обязательства он охватывал лишь 7,6% глобальных выбросов парниковых газов. Обязательства второго периода вступили в силу лишь в конце 2020 г. — после того, как было набрано необходимое количество ратификаций Дохийской поправки.

Следствием низкой результативности Киотского протокола стало появление Парижского соглашения по климату 2015 г., в котором была зафиксирована численная цель: удержать рост средней температуры Земли на уровне «намного ниже» 2°C сверх доиндустриальных уровней и прикладывать усилия к тому, чтобы ограничить этот рост уровнем 1,5°C¹. Достичь ее предполагается

¹ История появления этих значений такова. В 1988 г. с целью обеспечения органов власти государств научной информацией, необходимой им для выработки мер в сфере климата, Всемирная метеорологическая организация и Программа ООН по окружающей среде учредили Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК). МГЭИК, в которую входят представители 195 ее членов, выпускает так называемые «оценочные доклады» (*assessment reports*) — комплексные обзоры научных публикаций о факторах климатических изменений с выводами о научной обоснованности тех или иных теорий об изменении климата, его последствиях, связанных с ним рисках, вариантах адаптации к ним и их смягчения ([IPPC, 2021]). Создание МГЭИК было одобрено Генеральной Ассамблеей ООН ([ООН, 1988, п. 5]). В 2010 г. 15-я Конференция сторон РКИК «приняла к сведению» так называемую «Копенгагенскую договоренность» (была предложена США, Китаем, Индией, ЮАР и Бразилией), в которой на основании четвертого до-

через реализацию «определяемых на национальном уровне вкладов» (*Nationally Determined Contributions — NDCs*), т.е. принимаемых каждой из сторон на добровольной основе целей по сокращению выбросов (ст. 3 и 4 Парижского соглашения). Важным является то, что каждая сторона соглашения сама определяет объем вклада, который она готова на себя принять. Другими словами, Парижское соглашение не предусматривает ни единых (или равных) целей по сокращению выбросов для всех стран-участниц, ни единых темпов их достижения.

Традиционно основной движущей силой международной климатической повестки выступает Европейский союз. В последние десятилетия борьба с изменением климата стала одним из основных лейтмотивов его внутренней и внешней политики. Эти идеи получили отражение в приоритетных направлениях работы Европейской комиссии нового состава на 2019–2024 гг. основополагающим документом для реализации европейских инициатив в данной области является стратегия «Европейский зеленый курс» («*European Green Deal*»), представленная Европейской комиссией в декабре 2019 г.

Заявленная в рамках «зеленого курса» цель — достижение углеродной нейтральности ЕС к 2050 г. Ссылаясь на риски недостижения цели Парижского соглашения из-за неамбициозности принимаемых его участниками на себя обязательств, ЕС исходит из необходимости введения пограничных углеродных барьеров, предполагающих взимание дополнительных сборов на импортные товары, произведенные в странах с недопустимо низким уровнем климатического регулирования.

Комитет Европейского парламента по международной торговле призывает к тому, чтобы Парижское соглашение и установленная им цель об удержании роста температуры Земли в пределах 1,5°C стали «одним из основных руководящих принципов» торговой политики ЕС, с которым «должны быть синхронизированы

клада МГЭИК от 2007 г. признается необходимость сдерживания роста температуры в пределах 2°C [ООН, 2010, с. 4]. В ст. 2 Парижского соглашения зафиксирована еще более амбициозная цель: «прикладывать усилия» к тому, чтобы ограничить рост температуры Земли уровнем 1,5°C.

все инициативы в сфере торговли и инструменты по их реализации» [European Parliament, 2020б, par. 1]. Ключевой инициативой является проект введения «пограничного корректирующего углеродного механизма» (*carbon border adjustment mechanism*), суть которого сводится к взиманию сбора с ввозимой на территорию ЕС продукции с высоким углеродным следом. Фактически речь идет об одностороннем принуждении Европейским союзом своих торговых партнеров к реализации климатических мер, аналогичных по масштабу тем, что проводит сам ЕС. Заявления о высоком приоритете климатической повестки делает и новый президент США.

Процесс выхода климатических проблем на первый план международной повестки становится необратимым. Весьма вероятно, что угроза утраты доли европейского рынка подвигнет многих торговых партнеров ЕС к принятию радикальных мер противодействия климатическим изменениям, а значит, в перспективе и к возведению аналогичных торговых барьеров для защиты собственных производителей от зарубежной продукции, в цену которой не включены затраты на борьбу с изменением климата. Если конкретную форму реализации пограничного механизма ЕС при наличии в нем, например, дискриминационных элементов и можно будет оспорить в международных судебных инстанциях, перспективы признания нелегитимной самой идеи такого механизма не представляются серьезными.

Введение пограничных углеродных сборов — лишь одно из проявлений «зеленого» развития мировой экономики. Помимо усиления национальных политик сокращения выбросов (к настоящему времени уже 127 стран заявили о планах достижения углеродной нейтральности, включая Китай и США) [Climate Analytics and New Climate Institute, 2020, p. 1], все большее количество крупных инвестиционных фондов, пенсионных фондов, страховых компаний и иных институциональных инвесторов обозначают планы о выводе активов из угольных, нефтяных и даже газовых проектов [Arabella Advisors, 2018]. В корпоративном секторе вводятся отраслевые системы контроля и регулирования выбросов (в том числе система *Corsia* в международной гражданской авиации); в мировом масштабе очень быстро растет число компаний, которые стремятся к сокращению углеродного следа вдоль всей цепочки добавленной

стоимости, ориентируясь на растущие со стороны инвесторов требования к раскрытию климатической отчетности.

С одной стороны, сложившаяся ситуация несет очевидные угрозы для российского бизнеса и экономики. В отсутствие государственной программы по декарбонизации российской промышленности российский экспорт, который, по некоторым оценкам, характеризуется максимальной углеродоемкостью в расчете на единицу стоимости среди всех ведущих стран и опережает по этому показателю Китай и Индию [Makarov, Sokolova, 2020, p. 11] (рис. I.1), рискует столкнуться с необходимостью уплаты высоких пограничных углеродных сборов. Важно отметить, что в перспективе речь может идти не только о продукции металлургической, химической или цементной промышленности, но и о более широкой номенклатуре российского экспорта, включая сельскохозяйственные товары; а также не только о рынке ЕС, но и, как минимум, о рынках его крупных торговых партнеров, многие из которых также являются экспортными рынками для российского бизнеса.

С другой стороны, уникальный природно-климатический потенциал России дает ей возможность быть не объектом, а одним из

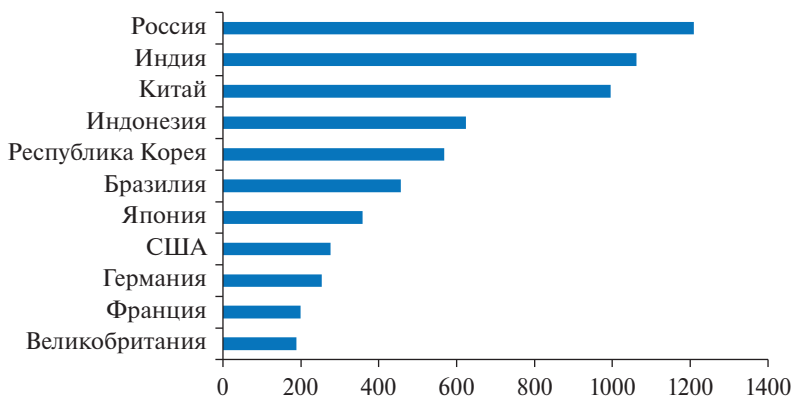


Рис. I.1. Уровень углеродоемкости экспорта крупнейших стран мировой экономики в 2015 г., т CO₂ /млн долл.

Источник: OECD Indicators on Carbon dioxide (CO₂) emissions embodied in international trade (TECO₂). <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=IO_GHG_2019>.

ключевых субъектов глобальной климатической повестки, предлагать другим странам решения стоящих перед ними климатических вызовов и не только не потерять, но и выиграть в предлагаемых ей условиях.

Одним из методов удаления углекислого газа из атмосферы является его биологическая секвестрация, т.е. поглощение растениями, почвой, водными массами. По этой причине сельское хозяйство, на которое приходится значительная доля выбросов парниковых газов, может быть не только одним из источников проблемы, но и ее решением.

С одной стороны, обладая большими площадями лесных массивов и неиспользуемых сельскохозяйственных земель (последние составляют, по некоторым оценкам, от 40 до 80 млн га при используемых сегодня 80 млн га), при должной технологической подготовке Россия может предложить миру огромные природные мощности по поглощению углерода. С другой стороны, значительный потенциал сокращения выбросов связан с изменением методов хозяйствования в агросекторе, а именно с переходом на методы **карбонового земледелия**, направленные на депонирование атмосферного углерода в почве и в целом — на сбалансированные («регенеративные») режимы хозяйствования, предусматривающие минимизацию потребления удобрений и пестицидов, а значит, и радикальное снижение углеродного следа сельхозпродукции с сохранением приемлемых уровней урожайности.

Необходимым условием реализации практик карбонового земледелия является наличие сортов сельскохозяйственных культур, в максимальной степени ориентированных на экономию нутриентов почвы, экологическую пригодность, способных подавлять сорняки, противостоять вредителям и болезням без помощи агрохимии. В связи с этим **программа выведения регенеративных сортов (и даже новых видов) сельскохозяйственных культур и лесных растений может стать одним из ключевых элементов стратегии социально-экономического развития России, разработка которой предусмотрена Указом Президента России от 4 ноября 2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов».**

Авторы доклада полагают, что по причинам, изложенным в следующем разделе, вопросы климатических изменений станут

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

одним из основных элементов международной повестки ближайших лет и десятилетий, а идея установления торговых барьеров для продукции с высоким углеродным следом будет воспринята мировым сообществом и признана легитимной международными судебными инстанциями. Этот сценарий, однако, отнюдь не является неблагоприятным для России — наоборот, именно наша страна может идти в авангарде процессов, формат которых сегодня стремятся определять Европейский союз и США. При должном подходе это принесет ей как экономическую, так и политическую выгоду.

Одним из центральных элементов стратегии России в этой области может стать внедрение методов карбонового земледелия (см. раздел III доклада). Так, опыт США последних лет свидетельствует о том, что сельхозпроизводители могут успешно зарабатывать на секвестрации углерода (см. раздел IV). В связи с этим мы предлагаем для обсуждения вариант стратегии России в этой области (см. раздел V).

II. ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ

1. Торговые барьеры: позиции США и ЕС

17 декабря 2020 г. **Соединенные Штаты Америки (США)** внесли в Генеральный совет Всемирной торговой организации (ВТО) проект решения Министерской конференции¹, «направленный на устранение дисбаланса между членами ВТО в части наличия и обеспечения соблюдения базовых стандартов защиты окружающей среды» [WTO, 2020]. Несмотря на краткость текста (он состоит из преамбулы и двух пунктов), его содержание революционно. США предлагают считать отсутствие в правовом порядке экспортирующего члена ВТО норм, обеспечивающих защиту окружающей среды на уровне не ниже «базовых стандартов» (*fundamental standards*) (а при наличии таких норм — неэффективность государства в обеспечении их исполнения), государственной субсидией и признать за другими членами ВТО право на введение компенсационных пошлин в отношении товаров такого экспортирующего члена ВТО. Предполагается, что право на компенсационные пошлины будет возникать в случае, если соответствующая отрасль «получает несоразмерные выгоды» (*disproportionately benefits*) от отсутствия или неисполнения мер по защите окружающей среды, при этом раз-

¹ Министерская конференция — высший орган ВТО, уполномоченный на принятие решений по любым вопросам в рамках соглашений ВТО. Проводится каждые два года. Двенадцатая конференция должна была состояться в июне 2020 г. в Нур-Султане (Казахстан), но была перенесена из-за пандемии COVID-19. В настоящее время запланирована на июнь 2021 г. Генеральный совет — второй по значимости орган, состоящий из представителей всех членов ВТО. В периоды между заседаниями Министерской конференции он исполняет ее функции (ст. IV Марракешского соглашения об учреждении Всемирной торговой организации).

мер компенсационных пошлин должен быть равен размеру получаемых отраслью выгод.

По иронии судьбы всего лишь полтора десятка лет назад звучало предложение ввести такую меру в отношении самих США. Как заявлял один из американских экономистов, «субсидия возникает тогда, когда компания не полностью оплачивает затраты на производство. Если компания не платит за ущерб, который она наносит окружающей среде, она получает субсидию точно так же, как и тогда, когда она не полностью платит зарплату работникам [...] другим странам следовало бы запретить ввоз американских товаров, произведенных с использованием энергоемких технологий, или, по меньшей мере, обложить их высоким налогом, чтобы компенсировать субсидию, которую получают эти товары» [Stiglitz, 2006, p. 2]². В 2006 г. французский премьер-министр Доминик де Вильпен высказывал предложение о введении дополнительных сборов на импорт продукции из стран, отказывающихся участвовать в международном климатическом сотрудничестве; резолюция Европейской парламента (2005/2049) была направлена против стран, не участвующих в Киотском протоколе, в частности против США [Brainard, Sorkin, 2010]. Примечательно, что проект решения Министерской конференции ВТО был внесен еще администрацией президента Трампа, которая, как известно, была негативно настроена по отношению к многосторонним соглашениям в сфере охраны окружающей среды, запустила процедуру выхода США из Парижского соглашения по климату, а не далее как в январе 2020 г. устами министра торговли США угрожала Европейскому союзу санкциями в случае введения пограничных углеродных барьеров [Tett et al., 2020].

² Проблема, однако, в том, что определение «субсидии» по Соглашению ВТО о субсидиях и компенсационных пошлинах уже, чем общеэкономическое значение этого термина. В частности, для определения наличия «выгоды» ориентиром служит внутренний рынок страны, в которой находится производитель, т.е. страны-экспортера. Соответственно, невозможно говорить о получении производителем выгоды по смыслу соглашения ВТО, если все производители страны-экспортера находятся в равных условиях с точки зрения экологических стандартов. См. [Pauwelyn, 2015, p. 470–473].

Несмотря на то что вероятность принятия этого решения Министерской конференцией чрезвычайно низка³, сам факт появления подобного проекта служит еще одним подтверждением того, что вопросы изменения климата и защиты окружающей среды станут одной из ключевых тем глобальной экономической и политической повестки предстоящих лет и десятилетий. Не исключено, что внесение этого предложения в Генеральный совет ВТО — лишь шаг США в подготовке к реализации изложенного в проекте подхода в одностороннем порядке. Тем более что программа нового президента США Джоозефа Байдена прямо предусматривает введение «корректирующего углеродного сбора» (*carbon adjustment fee*) в отношении стран, «не исполняющих обязательства по климату и охране окружающей среды» [Biden, 2020].

Действия в этом направлении уже начались. Так, 27 января 2021 г. Байден подписал указ «О мерах по противодействию изменению климата на территории США и за ее пределами», которым поручил министру природных ресурсов США заморозить выдачу лицензий на нефтяные и газовые месторождения, находящиеся на государственных землях и за пределами прибрежных вод, до окончания пересмотра методики расчета лицензионных платежей. Пересмотр будет проводить Министерство природных ресурсов США с привлечением Министерства сельского хозяйства, Министерства торговли и Министерства энергетики. Результатом должно стать изменение размера лицензионных платежей с учетом влияния разработки нефтяных и газовых месторождений на климат или принятие в связи с этим «иных надлежащих мер» [Biden, 2021, Sec. 208].

Сценарий односторонних действий со стороны США тем более вероятен, что другой экономический полюс мира — **Европей-**

³ Количество голосов, необходимых для принятия решения, зависит от правовой квалификации такого решения. В общем случае решения принимаются консенсусом, однако для принятия решения об официальном толковании одного из соглашений ВТО, входящих в Приложение 1 к Марракешскому соглашению об учреждении ВТО (к таковым относится и Соглашение о субсидиях и компенсационных мерах), необходимо согласие лишь 3/4 членов ВТО. При этом решение о толковании норм о субсидиях может приниматься только на основании рекомендации Комитета ВТО по субсидиям и компенсационным мерам (ст. IX Марракешского соглашения об учреждении Всемирной торговой организации).

ский союз (ЕС) — уже объявил о том, что в самое ближайшее время выстроит систему односторонних мер подобного рода. Широко известно, что в рамках «Зеленого курса» (*Green Deal*)⁴ ЕС планирует ввести так называемый «пограничный корректирующий углеродный механизм» (*Carbon Border Adjustment Mechanism — CBAM*), заявленная цель которого — «помочь мотивировать иностранных производителей и импортеров в ЕС к сокращению выбросов углерода и обеспечить тем самым равные условия деятельности, позволяющие вести торговлю в соответствии с правилами ВТО» [European Commission, 2020, p. 3].

По заявлению председателя Европейской комиссии Урсулы фон дер Ляйен, проект нормативного акта о пограничном корректирующем углеродном механизме относится к числу ключевых инициатив. Европейская комиссия планирует представить проект нормативного акта об углеродном механизме в июне 2021 г. [Gentiloni, 2021, p. 21]. Точные параметры механизма до сих пор неизвестны, но понятно, что его базовой идеей является установление цены за единицу выбросов парниковых газов при производстве импортируемой в ЕС продукции. Так, в преамбуле к резолюции Европейского парламента от 10 марта 2021 г. говорится, что «эффективный и осмысленный механизм установления цены на углерод [...] может послужить экономическим стимулом к разработке технологий производства с меньшим парниковым следом и подтолкнуть к увеличению инвестиций в инновации и новые технологии, которые обеспечат переход к декарбонизированной и безотходной экономике ЕС» [European Parliament, 2020a, rec. M].

В резолюции заложены ряд общих принципов, которым, по мнению Европейского парламента (ЕП), должен соответствовать будущий пограничный корректирующий углеродный механизм. Во-первых, согласно резолюции, действие механизма должно распространяться на *все импортируемые товары, подпадающие под дей-*

⁴ По заявлению самого ЕС, «стратегия трансформации союза в современную, ресурсоэффективную и конкурентную экономику, в которой к 2050 г. будет достигнут нулевой уровень нетто-выбросов парниковых газов; экономический рост не связан напрямую с объемом использования ресурсов; учитываются интересы каждого человека и каждой территории» [European Commission, 2019].

ствие Европейской системы торговли выбросами, в том числе когда такие товары входят в состав (*embedded in*) промежуточной или конечной продукции. Отдельно отмечается, что в первоочередном порядке (уже к 2023 г.) механизм должен охватить электроэнергетику и продукцию энергоемких секторов промышленности, а именно цемент, сталь, алюминий, продукцию нефтепереработки, бумагу, стекло, химикаты и удобрения, на которые приходится 94% промышленных выбросов в ЕС [European Parliament, 2020a, par. 12] (Выделено нами. — Ю. Р.).

Среди прочего это означает, что под действие механизма может подпасть, например, и сельскохозяйственная продукция, — хотя она не охвачена Европейской системой торговли выбросами напрямую, сельскохозяйственная отрасль является потребителем и химикатов (средств защиты растений), и удобрений, которые, вероятно, будут включены в сферу действия механизма уже в ближайшей перспективе. Тем более что, по мнению ЕП, при установлении парникового следа продукции Европейской комиссии надлежит рассматривать весь ее жизненный цикл, включая международную транспортировку [European Parliament, 2020a, rec. H].

Более того, европейские парламентарии прямо заявляют, что под действие Европейской системы торговли выбросами (а значит, и углеродного механизма) должны подпадать и выбросы, связанные с рубкой лесов и истощением почв [European Parliament, 2020a, par. 20].

Во-вторых, объем выбросов парниковых газов, приходящийся на ввозимую в ЕС продукцию, должен, по мнению ЕП, учитываться по нормативам, рассчитанным для каждого вида продукции на уровне отдельных предприятий (*installations*) в третьих странах. В случае непредоставления данных импортером объем выбросов импортируемой продукции надлежит учитывать исходя из (i) среднемирового показателя выбросов, приходящихся на соответствующую продукцию, в разбивке по технологиям производства с различной интенсивностью выбросов и (ii) «углеродоемкости» электросетей страны-экспортера (поскольку цена на выбросы должна отражать как прямой, так и косвенный парниковый след). Если импортер предоставил соответствующие данные, вместо средней углеродоемкости электросетей может учитываться углеродоемкость энергии, потребляемой отдельным предприятием [Ibid., par. 13].

В-третьих, цена за единицу выбросов должна быть «достаточно высокой» для того, чтобы стимулировать инвестиции в декарбонизацию и, как следствие, обеспечить достижение целей Парижского соглашения [European Parliament, 2020a, par. 14].

В недавнем интервью [Simon, 2020] председатель Комитета ЕП по окружающей среде, здравоохранению и безопасности пищевых продуктов Паскаль Канфан (*Pascal Canfin*) заявил, что в качестве корректирующего механизма Европейский парламент видит меру, аналогичную Европейской системе торговли выбросами и интегрированную в эту систему, поскольку такая мера может быть принята квалифицированным большинством, в то время как решение о введении углеродной импортной пошлины должно приниматься (Европейским советом) единогласно, а кроме того, она имеет большие шансы быть признанным противоречащим нормам ВТО. По его словам, простых заявлений о целях по достижению углеродной нейтральности к тому или иному сроку явно недостаточно для того, чтобы продукция соответствующей страны была выведена из-под действия корректирующего механизма, поскольку это не решает сегодняшних проблем европейских производителей в части конкуренции с зарубежными поставщиками.

Европейских парламентариев, согласно Канфану, устроят лишь два варианта: либо прямое установление цены на выбросы парниковых газов, как в Европейской системе торговли выбросами, либо установление эквивалента цены исполнения определенных стандартов. Другими словами, за несоответствие стандарту должна взиматься цена, равная расчетной стоимости соответствия стандарту.

Что касается расчета цены на углерод, в Европейском парламенте, по словам Канфана, обсуждается несколько вариантов. Один из них — на основе структуры источников электроэнергии по стране-экспортеру в целом, по группе или по конкретному производственному предприятию. Исходя из углеродоемкости потребляемой электроэнергии рассчитывается углеродный след продукции, который умножается на цену углеродных выбросов. Сумма корректировки в этом случае будет равна разнице между рассчитанной таким образом ценой и суммой, уже уплаченной производителем в стране-экспортере.

2. Соответствие углеродного корректирующего механизма международным обязательствам в рамках ВТО

Пограничный корректирующий углеродный механизм, который в том или ином виде введет ЕС, может быть — и с высокой вероятностью будет — оспорен в системе разрешения споров ВТО. Можно ожидать жалоб среди прочих от Китая и России, на продукцию которых он в первую очередь и будет нацелен. Российская сторона при поддержке Китая, Парагвая, Уругвая и США уже обращалась к ЕС с просьбой дать заверения в том, что европейский «Зеленый курс» будет соответствовать правилам ВТО против торговой дискриминации⁵.

В зависимости от фактического содержания механизма, ЕС может столкнуться с большими или меньшими трудностями при доказывании его соответствия правилам международной торговли. Тем не менее система разрешения споров ВТО не станет эффективным инструментом защиты российских производителей. Причин этому несколько, часть из них — процедурные, часть — сущностные.

Что касается процедурных аспектов, во-первых, сегодня система разрешения споров ВТО фактически не работает, поскольку предыдущая администрация США заблокировала назначение членов Апелляционного органа. В результате проигравшая сторона может заблокировать вступление в силу решения третейской группы (своего рода первой инстанции в системе разрешения споров ВТО), подав апелляционную жалобу «в никуда»⁶, т.е. в неуполномоченный Апелляционный орган.

Во-вторых, даже если предположить, что новая администрация разблокирует назначение членов Апелляционного органа, вряд ли это произойдет в ближайшей перспективе. С учетом того что тяжба в ВТО по политически заряженным вопросам (а тяжба о меха-

⁵ <https://www.wto.org/english/news_e/news20_e/good_11jun20_e.htm>.

⁶ На английском языке в кругах ВТО принято говорить об «апеллировании в пустоту» (*«to appeal into the void»*).

низме углеродных корректировок будет именно такой) занимает годы⁷, какого-либо решения можно ожидать лишь в перспективе нескольких лет после подачи жалобы.

В-третьих, даже в случае выигрыша заявители могут рассчитывать только на решение о необходимости внесения изменений в механизм ЕС (речь о его отмене вряд ли пойдет). Кроме того, ЕС должен будет внести такие изменения лишь по истечении «разумного срока» (*reasonable period of time*)⁸ после вступления решения в силу (т.е. после принятия докладов третьей группы и Апелляционного органа Органом по разрешению споров ВТО). Возмещения за уплаченные суммы выигравшей стороне не положены. Таким образом, у ЕС будет несколько лет на то, чтобы оттачивать механизм методом проб и ошибок без риска быть принужденным к возмещению взысканных с иностранных производителей сумм⁹.

Что касается сущностной стороны вопроса, решения¹⁰ Апелляционного органа, хотя и написаны так, чтобы продемонстрировать строгое следование букве (иногда и духу) соглашений, при ближайшем рассмотрении лишь отражают сложившийся баланс сил и интересов. Стремясь сначала завоевать, а потом сохранить легитимность в глазах более чем полутора сотен членов ВТО, Апелляционный орган всегда старался «не расплескать», а для этого — не выносить решения, которые могли бы в ту или иную сторону пошатнуть сложившийся баланс или создать впечатление, что ВТО

⁷ В том числе потому, что в обоснование своей позиции стороны представляют третьей группе огромные объемы письменных материалов. Так, по делу об обезличенной упаковке табачной продукции (*Australia — Plain Packaging*; заявители: Гондурас, Доминиканская Республика, Индонезия, Куба; ответчик: Австралия) с момента подачи запроса на консультации до выхода доклада Апелляционного органа прошло 7–8 лет (срок различается для разных заявителей, поскольку они запустили процедуру в разное время).

⁸ Обычно около года, но может быть больше или меньше в зависимости от договоренности сторон или решения арбитра, если сторонам не удалось договориться о разумном сроке между собой. В Договоренности о правилах и процедурах разрешения споров ВТО в качестве ориентира для арбитра указан срок 15 месяцев (п. 3 ст. 21).

⁹ Об этом говорится и в правовом заключении, подготовленном по запросу Комитета ЕС по международной торговле [Pauwelyn, Kleimann, 2020, p. 5].

¹⁰ Формально они называются «докладами» (*reports*).

не отражает (часто негласные) коллективные договоренности своих членов, а является самостоятельным субъектом международной политики¹¹.

По этой причине Апелляционный орган всегда был чувствителен к актуальным направлениям международной повестки, включая вопросы защиты окружающей среды, и проявлял готовность оберегать право членов ВТО на проведение «зеленой» политики, в том числе в ущерб международным торговым потокам в той мере, в какой, по его мнению, это было возможно в рамках сформировавшегося международного равновесия сил и интересов. В этом смысле примечателен спор ЕС и Японии (заявители), с одной стороны, и Канады (ответчик) — с другой, о программе канадской провинции Онтарио, предусматривавшей уплату гарантированных цен на электроэнергию, произведенную из возобновляемых источников. Заявители утверждали, что, поскольку гарантированная цена выше «обычной» рыночной цены на электроэнергию, производители, подпадающие под действие программы, получают субсидию в противоречие с правилами ВТО.

Апелляционный орган постановил, однако, что рынок «чистой» электроэнергии является самостоятельным рынком, созданным государством, а потому гарантированные правительством Онтарио цены на «чистую» электроэнергию нужно сравнивать с (заведомо более высокими) ценами на этом узком рынке, а не с ценами на «общем» рынке электроэнергии, получаемой из других источников [WTO, 2013, par. 5.199]. Хотя некоторые комментаторы из академической сферы критиковали это решение как демонстрирующее желание Апелляционного органа избежать критики со стороны «экологических кругов» [Charnovitz, Fischer, 2014, p. 36–37], оно, как представляется, в равной степени отражает понимание Апелляционным органом того факта, что вопросы окру-

¹¹ Один из исследователей международного права отмечает в связи с этим, что члены третейских групп, которые разрешали споры по Генеральному соглашению по тарифам и торговле (ГАТТ) еще до появления ВТО, предпочитали разрешать споры со счетом 5:4, а не со счетом 9:0, благодаря чему решения таких третейских групп даже в отсутствие мер принуждения в большинстве случаев исполнялись [Weiler, 2001, p. 197].

жающей среды и климата еще несколько лет назад начали входить в активную повестку государств, и органы ВТО в своих решениях не могут игнорировать эту тенденцию.

Это не значит, что конкретная форма реализации пограничного механизма или отдельные его аспекты не могут вызвать у судей вопросы. Так, плохую службу Европейскому союзу может сослужить желание угнаться за двумя зайцами: и обеспечить принятие странами реальных мер по сокращению выбросов парниковых газов, и изменить условия конкуренции в пользу своих производителей. Увлечшись «выравниванием» условий конкуренции, ЕС рискует создать схему, которая будет дискриминировать иностранные товары по отношению к товарам ЕС или иностранные товары одного происхождения по отношению к товарам другого происхождения. Необходимо отметить, однако, что официальная риторика ЕС за последние недели 2021 г. претерпела существенные изменения. Например, если ранее в качестве одной из целей пограничного механизма официальные лица открыто обозначали защиту европейских производителей, Европейский парламент в своей резолюции несколько раз подчеркивает — и даже «настаивает», — что *единственной* целью такого механизма должна быть и является защита окружающей среды, а сам механизм должен быть недискриминационным [European Parliament, 2020a, par. 7, 14, 25]. Адресатами этих заявлений, безусловно, являются и члены третьей группы в возможных будущих спорах в рамках ВТО.

Наиболее уязвимым аспектом пограничного корректирующего механизма ЕС является то, что он разрабатывается как инструмент одностороннего навязывания климатической политики ЕС другим странам. Так, приведенная выше резолюция ЕС прямо указывает на то, что цена за единицу выбросов в рамках пограничного механизма должна «отражать» (*mirror*) соответствующие затраты производителей в ЕС и динамику изменения цены зачетных единиц в рамках Европейской системы торговли выбросами [Ibid., par. 16], а конечной целью пограничного механизма должно стать «подтягивание» климатических амбиций всех стран мира до уровня ЕС [Ibid., par. 23].

До сих пор практика разрешения споров ВТО не одобряла такое одностороннее принуждение [WTO, 2001a, par. 166–172]. При этом Парижское соглашение по климату не предполагает единого шаблона и не требует единого темпа сокращения выбросов парниковых газов всеми его участниками, в то время как установление единой цены на выбросы для товаров всех стран-производителей означает, по сути, требование о синхронизации климатической политики стран-экспортеров с климатической политикой ЕС. Понимая это, Европейский парламент говорит о необходимости переосмысления правил ВТО в контексте климатического кризиса и призывает Европейскую комиссию к проведению многосторонних реформ ВТО в целях приведения правил международной торговли в соответствие с целями Парижского соглашения, одновременно замечая, что пограничный механизм будет соответствовать правилам ВТО, если будет реализовывать климатическую цель как единственную [European Parliament, 2020a, par. 24–25].

В этом же ключе Торговый представитель США Кэтрин Тай заявила в своей речи «Озеленение торговой политики США» (*Greening U.S. Trade Policy*) 15 апреля 2021 г.: «...сегодня распространено мнение, что ВТО не только не может предложить решения по экологическим вопросам, но и сама является частью проблемы... Отрицать неразрывную связь между вопросами экологии и торговлей означает игнорировать реальность, которая состоит в том, что действующие правила глобализации оказывают негативное влияние на защиту окружающей среды. Страны с более высокими экологическими стандартами оказываются в невыгодном положении с точки зрения конкуренции. ... Так быть не должно» [Tai, 2021].

С учетом того что в последние годы все большее число стран вводят те или иные меры по сокращению выбросов парниковых газов (в том числе в целях сохранения доступа на рынок ЕС), сама идея пограничного корректирующего углеродного механизма с высокой вероятностью будет признана не противоречащей принципам и нормам ВТО. Масштаб таких мер свидетельствует о неизбежном формировании общемирового консенсуса об общей легитимности идеи механизма, который собирается вводить ЕС.

3. Ситуация в других странах мира

Инициативы по введению цены на углерод — в виде углеродного налога или системы торговли выбросами — получают все большее распространение по миру. В настоящее время уже действуют 60 инициатив в различных странах и регионах мира, устанавливающих цену на углерод в том или ином виде. В одном лишь 2019 г. начали работу 10 таких инициатив — столько же, сколько за три года до этого. Так, первый в Африке налог на углерод был введен в Южно-Африканской Республике (ЮАР), а первопроходцем в Азии стал Сингапур. В 2020 г. первая в Латинской Америке пилотная система торговли выбросами была запущена в Мексике [World Bank Group, 2020, р. 19]. В Бразилии возможность введения подобной системы находится на стадии рассмотрения. В декабре 2019 г. Министерство экономики страны сообщило, что участники совещания, на котором присутствовали представители самого министерства, Всемирного банка и Бразильского делового совета по устойчивому развитию, договорились «ускорить изучение вопроса о создании механизма установления цены на углерод на основе национальной системы торговли выбросами парниковых газов» [World Bank Group, 2020, р. 9; Министерство экономики Бразилии, 2019].

С 1 февраля 2021 г. национальная система торговли выбросами начала работу в Китае [International Carbon Action Partnership, 2020a]. О запуске национальной системы было объявлено еще в декабре 2017 г. по результатам пилотных проектов по регулированию выбросов в 7 провинциях страны [International Carbon Action Partnership, 2020b].

3.1. Китай

На заседании Генеральной Ассамблеи ООН в сентябре 2020 г. генеральный секретарь Компартии Китая Си Цзиньпин заявил о намерении Китая достичь углеродной нейтральности к 2060 г. Выступление китайского лидера стало первым официальным заявлением китайских властей с указанием конкретного срока достиже-

ния углеродной нейтральности и знаменует собой историческую веху в климатической политике Китая.

Для реализации поставленной цели Китаю как крупнейшему эмитенту парниковых газов, столпом энергосистемы которого являются угольные электростанции, предстоит провести фундаментальные изменения и в системе энергоснабжения, и в структуре энергопотребления; осуществить глубокую трансформацию экономической структуры страны; радикально преобразовать отрасль ископаемых видов топлива, которая обладает огромными возможностями по лоббированию своих интересов [Meidan 2020, p. 2]. Масштабы планов Китая стали неожиданностью для наблюдателей, поскольку в последнее время Китай делал акцент на энергетической безопасности и активно согласовывал проекты по строительству новых угольных электростанций [Ibid.].

Еще совсем недавно, в 2011 г., на XVII Конференции сторон Рамочной конвенции ООН по изменению климата в Дурбане представитель Китая Се Чженьхуа (Xie Zhenhua) говорил о лицемерии промышленно развитых стран, которые десятилетиями выбрасывали огромные объемы парниковых газов в атмосферу, а теперь, получив преимущество в индустриальной гонке, требуют от всех сократить выбросы. Сегодня же, по сообщению агентства *Bloomberg*, именно этот человек «сделал больше, чем кто-либо другой за пределами правящих кругов страны, для того, чтобы сделать Китай лидером мировой климатической повестки, раньше США приняв план достижения углеродной нейтральности» [Bloomberg News, 2020; Matthews et al., 2014, p. 5].

Есть все основания полагать, что одним из важных факторов, подтолкнувших политическое руководство Китая к фундаментальной смене парадигмы в вопросе углеродных выбросов, стала перспектива введения пограничного корректирующего углеродного механизма в ЕС. Аналитики отмечают, что на фоне все более активных призывов к введению пограничных углеродных барьеров в торговле в разных странах отказ от изменения структуры энергопотребления в пользу более «чистых» источников энергии мог бы вылиться для китайской экономики в копеечку (вернее, в фэнь) [Meidan, 2020, p. 5]. Не желая терять завоеванные своей промышленностью рынки, Китай, который (наряду с Россией) со

всей очевидностью является основным адресатом будущих пограничных углеродных барьеров ЕС, решил следовать принципу «не можешь бороться — возглавь».

Не исключено, что тот или иной механизм введения пограничных углеродных барьеров в конечном итоге станет частью и китайского плана достижения углеродной нейтральности, поскольку мотивирующим фактором для введения такого механизма является не только (а возможно, и не столько) забота о климате, но и желание оградить своих производителей от иностранных конкурентов, которые не следуют стандартам, аналогичным по строгости стандартам страны-импортера.

Это не значит, что на первом этапе между Китаем и ЕС не возникнет спора о соответствии пограничного корректирующего углеродного механизма ЕС правилам ВТО. Так, Канада, крупнейший производитель хризотилового асбеста, препятствовала включению хризотила в сферу действия роттердамской Конвенции о процедуре предварительного обоснованного согласия в отношении отдельных опасных химических веществ и пестицидов в международной торговле¹², а в 1998 г. оспаривала в ВТО французский запрет на его ввоз, продажу и использование [WTO, 20016]. В 2018 г. Канада сама ввела запрет на хризотил.

3.2. Бразилия

Как и Китай, Бразилия — один из крупнейших источников парниковых газов на планете, хотя ее вклад в общемировую копилку значительно меньше китайского. По разным оценкам за разные годы, в этом рейтинге Бразилия находится на 4–7-м месте (см., например: [Center for Climate..., 2009; McKinsey & Company, 2009, p. 3–9].

В настоящее время система торговли выбросами находится в Бразилии на стадии проработки. Министерство экономики рассматривает различные варианты организации системы и

¹² В Приложение III Конвенции, в котором перечислены химические вещества, на которые распространяется требование о получении предварительного согласия страны-импортера на их ввоз, включены 5 из 6 видов асбестовых волокон; отсутствует только хризотил.

проводит по каждому из них комплексную оценку экономического и регулирующего воздействия [International Carbon Action Partnership, 2021b]. С 2013 г. несколько бразильских компаний на добровольной основе участвуют в модели системы торговли выбросами. Результатом этой работы должны стать предложения участников по организации действующей системы в стране. В 2019 г. в модели участвовало 26 компаний различных отраслей [Ibid.].

В июне 2020 г. на Бразильской бирже состоялись первые торги разрешениями на выбросы в рамках государственной программы RenovaBio. Продавцом выступил производитель этанола, а покупателем — консалтинговая компания в сфере сельского хозяйства [S&P Global Platts, 2020]. Создавая рынок разрешений на выбросы, программа RenovaBio стимулирует производство биотоплива и переход транспортной системы Бразилии на возобновляемые источники энергии.

Пример Бразилии примечателен тем, что основным источником парниковых газов в ней как одном из крупнейших сельскохозяйственных производителей и экспортеров с высокой долей возобновляемых источников энергии в структуре энергопотребления является не промышленность, а сельское хозяйство и изменение характера землепользования, в частности, перевод земель лесного фонда в земли сельскохозяйственного назначения. Так, в 2005 г. на сельское хозяйство Бразилии приходилось 70,4% выбросов метана (источником 90% которых является энтеральная ферментация у жвачных) и 87,2% выбросов оксида азота, а на изменение характера землепользования — 76,8% выбросов углекислого газа [Federative Republic of Brazil, 2010, p. 136–141].

В связи с этим особое место в плане Бразилии по снижению выбросов парниковых газов занимает программа по переходу на низкоуглеродное сельское хозяйство, которую реализует Министерство сельского хозяйства, животноводства и снабжения страны. Программа предусматривает создание интегрированных систем растениеводства, животноводства и лесоводства, агролесных систем, высадку коммерческих лесов, восстановление деградированных пастбищ, внедрение беспашотного земледелия, биологическую фиксацию азота, переработку отходов животноводства

([Cliton Bezerra, Malheiros de Oliveira, 2012]; а также [Federative Republic of Brazil, 2016, p. 32]).

3.3. Южная Африка

С 1 июня 2019 г. в ЮАР начал взиматься углеродный налог. Соответствующий закон должен был вступить в силу еще в 2015 г., но до последнего времени введение налога откладывалось [Environmental Defense Fund, 2020; International Energy Agency, 2020].

На первом этапе, который продлится до 31 декабря 2022 г., налог распространяется только на выбросы углекислого газа, метана, оксида азота, перфторуглеродов, гидрофторуглеродов и гексафторидов серы, прямым источником которых являются сжигание ископаемого топлива и газификация, а также промышленные процессы. Сельское и лесное хозяйство пока выведены из-под действия налога, но по причинам не существенным, а связанным с отсутствием методик измерения выбросов. При их появлении налог планируется распространить и на эти сектора¹³. Кроме того, налоговую льготу в размере до 10% получают эмитенты, экспортирующие продукцию на зарубежные рынки, в целях сохранения на них конкурентоспособности [KPMG, 2020]. Причем воспользоваться данной льготой они могут в рамках участия в реализации офсетных проектов (не связанных с основной деятельностью компании) по сокращению выбросов внутри страны.

Закон об углеродном налоге предусматривает также отдельную 5%-ную льготу для передовиков снижения выбросов по отрасли: право на нее получают те, чьи показатели не превышают целевой уровень, устанавливаемый подзаконным актом Министерства финансов ЮАР.

Предполагается постепенное повышение ставки углеродного налога с 6 до 48 южноафриканских реалов (около 0,4–3,35 долл.) за тонну эквивалента CO₂. Это должно дать производителям до-

¹³ [Environmental Defense Fund, 2020]; см. также текст закона (Приложение 2), в котором указано, что сельское хозяйство имеет 100%-ную льготу по налогу: [Republic of South Africa, 2019].

полнительное время на смену технологий и реализацию инвестиционных программ.

По некоторым сообщениям, Национальное казначейство ЮАР уже рассматривает возможность введения пограничного углеродного сбора для импортеров [EcoMetrix Africa, 2020] и, очевидно, будет ориентироваться в этом вопросе на действия ЕС. Сегодня ставка углеродного налога невысока и оказывает незначительное влияние на конкурентоспособность южноафриканской продукции. Однако с увеличением ставки и сокращением объема разрешений, доступных в рамках офсетной программы сокращения выбросов, актуальность введения пограничного сбора будет возрастать [Ibid.].

3.4. БРИКС: от разрозненных инициатив – к общей системе торговли

Помимо перечисленных ранее инициатив отдельных стран — членов БРИКС, Парижское соглашение было отдельно поддержано в Сямэньской декларации, согласованной в сентябре 2017 г. В ней, в частности, говорится¹⁴:

Мы [страны БРИКС] призываем все страны в полной мере реализовать Парижское соглашение, принятое в соответствии с принципами Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН), включая принципы общей, но дифференцированной ответственности и соответствующих возможностей, и настоятельно призываем развитые страны предоставить финансовую и технологическую поддержку и поддержку в области наращивания потенциала развивающимся странам с целью повышения их потенциала в области смягчения последствий изменения климата и адаптации к ним.

Эти настроения были подтверждены недавно на саммите БРИКС, состоявшемся в ноябре 2020 г. В подготовленном заявлении премьер-министр Китая Си Цзиньпин заявил¹⁵: «Глобаль-

¹⁴ BRICS, 2017: <http://www.bricschn.org/English/2017-09/05/c_136583711.htm>.

¹⁵ Africa Times. 2020: <<https://africatimes.com/2020/11/17/brics-leaders-focus-on-covid-challenges/>>.

Таблица II.1. Определяемые на национальном уровне вклады по сокращению выбросов стран — участниц Парижского соглашения из числа стран БРИКС*

Страна	Целевой параметр	Объем выбросов**	Доля в мировом объеме, %
Бразилия	Сокращение выбросов к 2025 г. на 37% по сравнению с уровнями 2005 г., с дополнительным целевым показателем сокращения выбросов к 2030 г. на 43%	441,8	1,3
Индия	Сокращение углеродоемкости ВВП к 2030 г. на 33—35% по сравнению с уровнем 2005 г. Также обещает достичь 40% совокупной установленной мощности электроэнергии из неископаемых топливных ресурсов к 2030 г.	2 479,1	7,3
Китай	Пик выбросов углекислого газа к 2030 г., при этом «максимальные усилия» должны быть предприняты ранее. Китай также обязался к 2030 г. получать 20% энергии из низкоуглеродных источников и к 2030 г. углеродоемкость ВВП на 60—65% от уровня 2005 г.	9 428,7	27,8
Россия	Сокращение выбросов парниковых газов на 30% к 2030 г. по сравнению с уровнем 1990 г. с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем.	1 550,8	4,6
ЮАР	Цель — достижение пика в период между 2020 и 2025 гг., плато примерно на 10 лет, а затем начать падать. Выбросы в течение 2025—2030 гг. будут находиться в диапазоне 398—614 млн т CO ₂ -эквивалента.	421,1	1,2
Всего БРИКС		14 321,5	42,2

* Carbon Brief 2017: <<https://www.carbonbrief.org/paris-2015-tracking-country-climate-pledges>>.

** BP Statistical Review 2019: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>.

ное потепление не остановится из-за COVID-19... Мы должны добросовестно выполнять Парижское соглашение, придерживаться принципа общей, но дифференцированной ответственности и

оказывать большую помощь развивающимся странам, особенно малым островным развивающимся государствам».

Определяемые на национальном уровне вклады, согласованные в Парижском соглашении, представлены в табл. II.1.

Вместе с тем страны БРИКС не только являются крупными эмитентами углекислого газа, но также вносят крупный корректирующий вклад. В частности, на их территорию приходится примерно 40% мировой площади леса и более половины из этого объема составляют леса России, а Бразилия, основной «хранитель» лесов Амазонки, имеет почти вдвое меньшую лесную территорию (табл. II.2).

Таблица II.2. Лесные ресурсы стран БРИКС (2020 г.)*

Страна	Бразилия	Индия	Китай	Россия	ЮАР	БРИКС
Площадь лесов, тыс. га	496 620	72 160	219 978	815 312	17 050	1 621 120
Доля в мировой площади, %	12,2	1,8	5,4	20,1	0,4	39,9

* FAO: <<http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf>>.

4. Сельскохозяйственная продукция в контексте мер по противодействию изменению климата и пограничного корректирующего механизма

Как было указано выше, весьма вероятно, что в перспективе сельскохозяйственная продукция так или иначе подпадет под корректирующий механизм ЕС. С учетом того что сельскохозяйственный сектор является предметом особой защиты в ЕС, нет оснований полагать, что, защищая конкуренцию на своем рынке с помощью углеродного корректирующего механизма, Еврокомиссия откажется от использования этого инструмента и для защиты европейского сельхозпроизводителя.

Это неизбежно заставит страны — экспортеры сельскохозяйственной продукции в ЕС принимать меры по сокращению угле-

родного следа собственного сельскохозяйственного производства, чтобы избежать выплат по корректирующему механизму или хотя бы снизить их. Тем более что в ближайшие годы данная тенденция будет усиливаться за счет общего возрастающего давления на корпоративный сектор к сокращению выбросов со стороны потребителей, инвесторов и регуляторов.

Страны — экспортеры сельскохозяйственной продукции будут вынуждены последовать примеру ЕС и в части защиты собственного рынка, вводя аналогичные пограничные сборы в отношении импорта, в том числе сельскохозяйственного. Такой сценарий тем более актуален для крупных производителей и экспортеров сельхозпродукции — например, для Бразилии, значительная доля выбросов парниковых газов в которой (как упоминалось выше, до 87% в случае с оксидом азота) приходится именно на сельхозсектор. Для сохранения европейского рынка Бразилии придется повышать затраты своих сельхозпроизводителей на сокращение выбросов парниковых газов, а значит, и защищать их от сельхозимпорта, который такие затраты не несет. Вероятно, в случае успешного внедрения пограничного корректирующего углеродного механизма в ЕС его опыт будет распространен на другие страны, в первую очередь на имеющие тесные торговые связи с ЕС.

Сельское хозяйство постепенно выходит на центральный план международной климатической повестки. Так, в 2017 г. 23-я Конференция сторон РКИК признала роль сельского хозяйства в процессе изменения климата, приняв решение о начале «Коронивийской совместной работы, связанной с сельским хозяйством»¹⁶. Решение предусматривает совместную работу двух органов конвенции — Вспомогательного органа для консультирования по научным и техническим аспектам и Вспомогательного органа по осуществлению — по изучению вопросов, касающихся сельхозпроизводства в контексте изменений климата.

Более того, на международном уровне начинает формироваться понимание, что в вопросе изменения климата сельхозпроизводство «не только источник проблемы, но и ключевой элемент

¹⁶ Решение 4/Ср. 23 «Коронивийская совместная работа, связанная с сельским хозяйством». Опубликовано в [ООН, 2017, с. 24].

решения»¹⁷. Если раньше сельское хозяйство воспринималось, с одной стороны, как одна из причин изменения климата¹⁸, а с другой — как одна из основных его жертв, и вопрос ставился только о сокращении воздействия климатических изменений на сельхозпроизводство и о его адаптации к меняющемуся климату, то сегодня речь идет о том, что сельское хозяйство может стать источником технологий, обеспечивающих удаление (секвестрацию) парниковых газов из атмосферы.

¹⁷ «*Agriculture is both part of the problem and a key part of the solution*» [FAO, 2019, p. 36].

¹⁸ По данным ФАО, на сельское хозяйство, включая лесное хозяйство и рыболовство, приходится до пятой части эмиссии парниковых газов в атмосферу [FAO, 2020a].

III. Карбоновое земледелие и лесное хозяйство

1. Стратегии секвестрации и биологические методы

Повсеместное признание проблемы климатических изменений заставляет научные коллективы и корпорации искать способы уменьшения углеродного следа экономики, включая извлечение уже имеющихся в атмосфере парниковых газов. Современные исследования выделяют целый спектр стратегий секвестрации¹:

- физико-химические;
- биологические;
- геологические.

Физико-химические подходы в основном используются в промышленности, энергетике и транспорте для уменьшения новой эмиссии и включают применение адсорбентов и сепарирующих мембран для улавливания, компрессии и транспортировки парниковых газов. Биологические и геологические методы позволяют снижать объем накопленных в атмосфере газов.

Геологические методы предполагают закачивание парниковых газов в подземные хранилища (например, в выработанные месторождения). Это решение очень надежно с точки зрения безопасности (большинство хранилищ не будут потревожены тектоническими процессами на протяжении ближайших миллионов лет), но с точки зрения экономики пока не найдены устойчивые экономи-

¹ Nanda S., Reddy S., Mitra S. Kozinski J. The progressive routes for carbon capture and sequestration // Energy Science & Engineering. Vol. 4. Iss. 2. March 2016. P. 99–122.

ческие модели, позволяющие построить стабильную отрасль секвестрации с применением геологических методов².

Биологические методы предполагают использование потенциала природных живых систем для связывания углерода. Растения, водоросли, бактерии в почве в придонном иле являются естественными «устройствами» поглощения парниковых газов. Есть несколько ключевых направлений применения биологических методов:

- а) целенаправленная культивация водорослей и бактерий для производства биотоплива, а также растительных культур для выработки биотоплива и биоугля (или биочара — угля растительного происхождения с содержанием углерода 93–99% и отсутствием вредных и токсичных примесей);
- б) восстановление живых экосистем, поглощающих углерод. В результате хозяйственной деятельности человека объем растительной биомассы на планете существенно снизился — стремительно идет обезлесивание и опустынивание, из-за загрязнения пресноводных водоемов, морей и океанов снижается адсорбирующая способность водных экосистем. Восстановление этих систем — в частности, лесов и болот — является одним из наиболее многообещающих решений с точки зрения секвестрации³.

Таким образом, на сегодняшний день стратегию сокращения карбонового следа за счет биологических методов можно считать доминирующей. Рассмотрим несколько основных путей реализации этой стратегии.

2. Понятие и принципы карбонового земледелия и лесного хозяйства. Агролесные системы

Методы хозяйствования, направленные на улавливание углерода из атмосферы, известны как карбоновое (или углеродное)

² Deich N. Carbon Sequestration: Where will all the carbon go? <<https://energycentral.com/c/ec/carbon-sequestration-where-will-all-carbon-go>>.

³ Eco-Business. World's wetlands play key role as carbon sinks // CAPEKO. 3 November 2014.

земледелие (*carbon farming*). Суть карбонового земледелия состоит в увеличении почвенного углерода за счет повышения количества углерода, вносимого в почву, и снижения темпов потерь углерода в результате дыхания и эрозии почвы. Снижение выбросов парниковых газов, связанных с ведением сельского хозяйства, достигается среди прочего за счет минимизации использования агрохимикатов (удобрений, средств защиты растений).

Во многом синонимичным карбоновому земледелию является понятие регенеративного (т.е. восстановительного) сельского хозяйства (*regenerative agriculture*) — совокупность неразрушающих методов ведения сельского хозяйства, обеспечивающих восстановление почв в процессе хозяйствования. В широком смысле к карбоновому земледелию, вероятно, можно отнести и лесные технологии секвестрации углерода.

Как упоминалось в совместном докладе НИУ ВШЭ и ФАС «Селекция 2.0» [Иванов, Куликов, Харченко, 2020, с. 203], современное сельское хозяйство в основном базируется на высокоурожайных сортах, выведенных для достижения максимальной продуктивности в условиях высоких затрат удобрений, воды, пестицидов. Основой высокоэффективных производственных агросистем являются использование больших посевных площадей монокультур, применение тяжелой техники, энергоемкие способы обработки почвы, часто — массовое применение ирригации. Продолжающие действовать стандарты «зеленой революции» 50–60-х годов XX в. были ориентированы на создание условий максимальной производительности и прибыльности, что не приводит к устойчивости агросистем, особенно с учетом ограниченности ресурсов, прогнозируемой на ближайшее будущее.

Попытка простой экологической модификации действующих технологий через снижение ресурсоемкости (сокращение использования удобрений, средств защиты растений) немедленно отражается на урожайности и ведет к быстрому снижению качества почвы, даже если речь идет именно о сокращении, а не о полном отказе от удобрений (неорганических или органических), пестицидов и гербицидов, от широкого использования техники.

Регенеративное сельское хозяйство было широко изучено в литературе, проведены сотни длительных экспериментов по всему

миру. В широком смысле его принципы направлены на имитацию местных экосистем, которые, как доказано, обладают более высокими запасами почвенного углерода, чем обычные годичные пахотные земли. Схематично набор основных относимых к регенеративному сельскому хозяйству методов представлен на рис. III.1.

К принципам регенеративного сельского хозяйства обычно относят:

- 1) приоритизацию вегетативного покрова на почве (т.е. покровных культур, растительных остатков);
- 2) сокращение нарушений почвы (т.е. сокращение объемов обработки почвы, нулевая обработка почвы, ресурсосберегающее сельское хозяйство);
- 3) увеличение количества и разнообразия органических остатков в почве (т.е. увеличение органического вещества почвы, агролесоводство, интегрированное животноводство, севооборот);
- 4) максимальное повышение эффективности использования питательных веществ и воды растениями (т.е. увеличение органического вещества почвы, включая многолетние травы и деревья).

Практика регенеративного сельского хозяйства направлена на то, чтобы избежать многих определяющих характеристик обычного сельского хозяйства. Например, синтетические удобрения, являющиеся одним из основных элементов традиционного сельского хозяйства, способствовали значительному повышению урожайности во всем мире. Однако такое повышение урожайности достигается за счет экологических издержек, связанных с загрязнением окружающей среды и деградацией земель (в частности, деградации способствует использование неорганических удобрений без органических добавок); происходит ухудшение структуры почвы и биотической функции.

На протяжении тысячелетий использование животных удобрений (навоза) в сельском хозяйстве было обычным делом, однако в результате «зеленой революции» на их смену пришли синтетические удобрения. При этом органическое вещество является ключевым компонентом хорошо функционирующей почвы, и существует положительная связь между использованием навоза и со-

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

1. Беспашотная обработка почвы
2. Мульчирование остатков
3. Выращивание покровных культур
4. Комплексный севооборот
5. Комплексное управление питательными веществами
6. Комплексная борьба с вредителями (IPM)
7. Аэробный прямой посев риса
8. Капельный полив
9. Управление выпасом
10. Агролесоводство
11. Травопольное земледелие
12. Кормовые деревья
13. Лесные пастбища
14. Живые изгороди



15. Нейтральный баланс деградации земель (LDN)
16. Лесоразведение, оголенные холмы
17. Восстановление водно-болотных угодий
18. Восстановительная консервация земель
19. Связывание углерода в почве (биоуголь):
 - органический
 - неорганический
20. Связывание углерода в биомассе

Рис. III.1. Принципы, лежащие в основе регенеративного земледелия

Источник: FFCC 2020 — The Case for Agroecological Enterprise. P. 33.

держанием углерода в почве. Эта связь обусловлена как прямым внесением органического углерода, присутствующего в навозе животных, так и повышением общего плодородия почвы и связанной с этим более высокой чистой продуктивностью. В связи с наблю-

даемыми негативными внешними эффектами, связанными с применением синтетических удобрений, необходимо уделить повышенное внимание правильному использованию и распределению органических удобрений (подстилки и навоза).

Особенностью традиционного сельского хозяйства является нарушение плодородия почвы в результате обработки — возделывание нарушает жизнь почвенных червей, разрушает грибковые нити, уменьшая образование и вызывая распад стабильных соединений. Это, в свою очередь, высвобождает органический углерод в виде CO_2 . Таким образом, ограничение интенсивных методов обработки почвы также создает благоприятные условия для хранения углерода.

По мнению Родса [Rhodes, 2017, p. 106], для перехода к подлинно регенеративному сельскому хозяйству необходима полная перестройка системы. Экологические службы должны быть в центре этой перестройки, в которой приоритетное внимание уделяется здоровью почвы, качеству воды и продуктивности растительного покрова [Ibid.]. Соответствующий интегральный подход назван целостным управлением (*holistic management* — *HM*), он находит практическое применение, например, при организации комплексных планируемых пастбищ (*holistic planned grazing* — *HPG*). HPG подразумевает, что стадо естественным образом пасется на одном участке, потом переходит на другой, заранее определенный, что дает почве пастбищ время для восстановления.

В этом контексте все большее количество селекционных исследований в мире ведется с целью скорейшей трансформации энергоемкого сельского хозяйства в сбалансированные режимы хозяйствования, главной чертой которых является оптимальное соотношение между энергозатратами, урожайностью и экологичностью производства сельхозпродукции. Ужесточение углеродных нормативов также вызывает потребность в значительном снижении удельного (на единицу продукции) экологического следа сельхозпроизводства, рассчитанного на весь жизненный цикл. С учетом вклада сельского хозяйства в общую антропогенную эмиссию парниковых газов внедрение принципов регенеративного земледелия, особенно в части секвестрации углерода почвами, становится важным инструментом регулирования объемов эмиссии.

Селекция сельскохозяйственных культур, в максимальной степени ориентированных на экономию нутриентов почвы, снизит итоговые энергозатраты на производство сельхозпродукции.

Современные методы селекции позволяют получить «регенеративные» сорта с достаточно широким набором признаков и технических характеристик. Такие сорта способны давать приемлемые урожаи в условиях минимального применения средств агрохимии, обеспечивают сохранение генетического разнообразия, необходимого для поддержания стабильной урожайности в нестабильных климатических условиях. Необходимо выведение сортов и видов сельхозрастений, в том числе принципиально новых, которые обладали бы способностью подавлять сорняки, противостоять вредителям и болезням без помощи агрохимии. Помимо повышения питательной ценности, следует принимать в расчет оптимизацию взаимодействия растений с микробными сообществами в почве. Это относится главным образом к структуре и функциональным особенностям корневой системы культурных растений. Такие сорта могут иметь не самую высокую урожайность, но при этом обладать способностью к адаптации к стрессовым условиям как биотического, так и абиотического характера.

В селекционной работе необходимо обратить внимание на такие критерии качества сортов, как замедленное старение листьев, экономия питательных веществ, экологическая пригодность к локальным условиям, стабильная урожайность, устойчивость к вредителям и болезням, общий низкий уровень производственных затрат. Популярным становится так называемый критерий *hit-and-run*, под которым понимается отсутствие необходимости или минимальная необходимость ухода с момента посева вплоть до сборки урожая.

Селекция малоурожайных и стрессоустойчивых сортов и видов более сложна, чем селекция для однородных, управляемых, высокопродуктивных систем. Но она необходима в условиях сокращающихся глобальных ресурсов при растущем населении планеты, а также с учетом неизбежного введения в агроиндустрию жестких углеродных стандартов, штрафов, квот. Предметом селекционной работы должны становиться неочевидные свойства и точечное воздействие на молекулярные механизмы, а не простые формулы типа «урожайность/затраты».

Пример 1: фосфор. Изменение структуры корней позволяет выращивать приемлемые урожаи в условиях дефицита фосфора. При этом более развитая и массивная корневая система (высокое отношение подземной части растения к надземной, более длинные и многочисленные корневые волоски — *pili radicales*, общая корневая поверхность и др.) секвестрирует большее количество углерода в почву.

Пример 2: устойчивость к насекомым-вредителям. Модификация количества и химического состава эпикутикулярных липидов на «глянцевых» листьях является основным механизмом повышенной устойчивости сельскохозяйственных культур к насекомым, затрудняет передвижение вредителей, их питание и яйцекладку. Химический состав эпикутикулярных липидов может быть важным фактором сдерживания насекомых-вредителей и предотвращения потерь урожая.

Пример 3: устойчивость к насекомым-вредителям. В защитной реакции растений на насекомых прямо или косвенно участвуют несколько фитогормонов, основными из них, по-видимому, являются жасмонаты (JA). Жасмонаты действуют в динамическом равновесии с брассиностероидами (BR). Путем селекции растений с повышенной чувствительностью к JA или нечувствительностью к BR можно разработать генотипы, которые помогут повысить устойчивость растений к насекомым, что сократит потребность в применении тяжелых инсектицидов, а также повысит урожайность низкоинтенсивных агросистем.

Пример 4: вода. Чтобы вывести засухоустойчивые сорта, можно воздействовать на несколько молекулярных и физиологических механизмов адаптации растений, улучшающих эффективность использования воды. К таким механизмам относятся, например, снижение (увеличение) устьичной проницаемости, осмотическая регуловка, модифицированная архитектура корней для доступа к запасам воды в более глубоких слоях почвы и т.д.

Пример 5: азот. Фермент малатдегидрогеназа (МДГ) необходим для дыхания азотфиксирующих бактерий. Сверхэкспрессия МДГ в бобовых растениях и последующая экссудация малата корнями в почву при помощи специфических мембранных транспортеров могут радикально улучшить доступность азота для растения. Сти-

муляция дыхания микрофлоры ризосферы ведет к увеличению азотфиксации, тем самым повышая доступность нутриентов для сельскохозяйственных культур.

Таких примеров точечного селекционного воздействия на геном и физиологию растений для повышения адаптивности, снижения затрат на выращивание и уход, предотвращения потерь урожая от вредителей, болезней, при транспортировке и хранении можно описать несколько десятков.

Леса Земли занимают площадь почти 4 млрд га, что составляет около 30% поверхности планеты. Они обеспечивают средства к существованию для примерно 25% мирового населения и являются средой обитания для примерно 80% всех видов наземной флоры⁴ и фауны. В стратегическом плане ООН по лесам (2016 г.) признаются основные экосистемные услуги, которые обеспечивают леса, в том числе продовольствие, фураж, топливо, древесина, недревесная продукция и жилье, а также сохранение почвенных и водных ресурсов и чистоты воздуха. Кроме того, в докладе подчеркивается роль лесов в предотвращении деградации земель и опустынивания и в снижении опасности наводнений, оползней, засух, штормов и других стихийных бедствий⁵.

При обсуждении потенциала связывания углерода в лесном хозяйстве важно определить некоторую соответствующую терминологию. ФАО определяет облесение как создание леса путем посадки и (или) преднамеренного засева на земле, которая ранее не классифицировалась как лес; обезлесение — это перевод лесных земель в другие виды землепользования; лесовозобновление — это восстановление леса путем посадки и/или преднамеренного засева на земле, которая ранее классифицировалась как лес⁶. Как правило, проекты облесения и лесовозобновления ведут к улавливанию атмосферного углерода, а предотвращение обезлесения позволяет поддерживать количество углерода, содержащегося в лесах. В контексте методов связывания углерода облесение, лесово-

⁴ UN 2016 — Стратегический план Организации Объединенных Наций по лесам на 2017–2030 гг. С. 3.

⁵ Там же. С. 3–4.

⁶ UN 2015 — Рабочий документ по оценке лесных ресурсов 180. С. 5.

III. Карбоновое земледелие и лесное хозяйство



Примечание. Ландшафт включает несколько компонентов: А) охраняемые существующие коренные леса, старые или вторичные, в которых собираются местные семена; В) восстановленный тугайный (прибрежный) лес, создающий биологический коридор, соединяющий оставшиеся лесные массивы; С) зона естественного возобновления, примыкающая к существующему природному лесу, которая обеспечивает рассеивание семян для естественного возобновления леса; Д) восстановленный или живой коренной лес, который может включать неинвазивные экзотические полезные породы древесины и недревесную лесную продукцию; Е) лесопитомники и семенные фонды, где хранятся и размножаются местные семена; Ф) лесопитомники с секцией, предназначенной для проведения опытов; Г) охраняемые местные нелесные экосистемы, такие как луга и водно-болотные угодья; Н) городские и сельские районы с устойчивым сельским хозяйством и домашним скотом.

Рис. III.2. Схематичное представление успешной программы восстановления лесов

Источник: [Sacco et al., 2020, p. 33].

зобновление и предотвращение обезлесения рассматриваются как малозатратные и экономически привлекательные виды деятельности [Dayal, 2000, p. 15–24].

Обезлесение заняло значимое место в вопросах глобального изменения климата, когда оно было включено в инициативу Организации Объединенных Наций по сокращению выбросов, обусловленных обезлесением и деградацией лесов (СВОД+). Инициатива СВОД+ была введена в действие после 13-й Конференции по изменению климата, и в ней говорится о «сокращении выбросов, обусловленных обезлесением в развивающихся странах, — подходах к стимулированию действий» [Cosslett, International, 2013, p. 1–10]. Эти идеи были расширены в 2011 г. инициативой под названием «Боннский вызов», целью которой является восстановление 350 млн га к 2030 г. В совокупности эти инициативы пропагандируют восстановление лесных ландшафтов — подход, направленный на «восстановление экологической функциональности и повышение благосостояния человека в обезлесенных или деградировавших ландшафтах» [Besseau et al., 2018, p. 18]. В недавнем докладе Сассо и др. определены 10 «золотых правил» лесовосстановления для оптимизации улавливания углерода [Sacco et al., 2020, p. 33]. В них подчеркивается важность генетического разнообразия, а также то, как выживание и устойчивость лесовосновляемых районов тесно связаны с соответствующими уровнями генетического разнообразия [Ibid., p. 1–33].

По различным оценкам, при лесовосстановлении поглощается 0,90–3,85 т CO₂/га, а при облесении — 0,45–3,12 т CO₂/га. Оценки широко варьируются в зависимости от диапазона потенциала накопления углерода древесными породами, различных климатических условий и местоположений⁷. По состоянию на 2016 г. во всем мире добровольные или обязательные проекты по сокращению выбросов углерода в лесах компенсируют 90 млн т CO₂-эквивалента [Anderegg et al., 2020, p. 2].

Как правило, проекты по лесоразведению и лесовосстановлению характеризуются большими временными горизонтами, значительными капитальными инвестициями (земля, посадка,

⁷ CSR 2009 — Посадка деревьев в США для секвестрации углерода. С. 1.

восстановление нарушенных участков) и длительными сроками окупаемости. Согласно последнему анализу Ассоциации ответственного инвестирования (*United Nations Principles for Responsible Investment — UNPRI*, 2019 г.), при наличии соответствующих политических решений проекты лесонасаждения и лесовосстановления могут достичь в мире к 2050 г. площади 350 млн га. Кроме того, связанные с лесами природные решения могут обеспечить к 2050 г. ежегодный доход в размере 800 млрд долл. [UNPRI, 2019, р. 3–12]. Из потенциальных проектов по восстановлению лесов к 2050 г. более 50% потенциала по восстановлению приходится на шесть стран (в млн га) — это Россия (+151), США (+103), Канада (+78,4), Австралия (+58), Бразилия (+49,7) и Китай (+40,2) [Bastin et al., 2019, р. 2]. Распределение потенциала лесовозобновления по землям неодинаково: одни регионы выигрывают от изменения климата, в то время как другие подвержены деградации земель и утрате лесного покрова. Большие площади с лесовосстановительным потенциалом находятся в Северной Азии (Россия и Казахстан), в Центральной и Северной Америке (Канада и США), в Центральной и Южной Африке, а также в значительной части Австралии и Южной Америки.

В агролесоводстве практика ведения сельского и лесного хозяйства сочетается с выращиванием сельскохозяйственных культур или совместным использованием пастбищ и деревьев. В исследовании Фелисиано и др. выделено пять основных форм агролесоводства (рис. III.3): аллейные посадки, лесные фермы, лесные пастбища (сильвопастбища), буферы тугайных (прибрежных) лесов и ветрозащитные полосы [Feliciano et al., 2018, р. 2].

Аллейная посадка (также называемая междурядным посевом) направлена на создание аллей в пределах ареалов выращивания садовых или сельскохозяйственных культур. Она уменьшает ветровую и водную эрозию, улучшает опыление и среду обитания диких животных, потенциально снижает распространение вредителей и болезней, однако требует ухода, более высоких капитальных инвестиций (посадка деревьев, приобретение специализированного оборудования)⁸ и потенциально снижает урожай.

⁸ [Macfarland, 2017] <<https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/workingtrees/infosheets/WTInfoSheet-AlleyCroppingOptions.pdf>>.



Аллеяная посадка



Лесные пастбища



Прибрежные леса



Лесные фермы



Ветрозащитные полосы

Рис. III.3. Виды агролесных систем

Лесные фермы направлены на выращивание специальных лесных и недревесных лесных продуктов, среди которых такие ценные, как грибы, женьшень, орехи, травы и красители. Деятельность по устройству такого хозяйства изменяет лесную экосистему, но не нарушает такие важные функции, как борьба с эрозией почвы, регулирование микроклимата и создание среды обитания диких животных [Dix et al., 1997] .

Ветрозащитные полосы — это полосы деревьев и/или кустарников, которые поддерживаются для изменения ветрового потока и воздействия на микроклимат. Такие полосы могут защищать чувствительные виды сельскохозяйственных культур, повышать эффективность водопользования, лучше контролировать ветровую эрозию и повышать эффективность опыления пчел и пестицидов. Эти экосистемные услуги могут улучшить здоровье почвы,

увеличивая разнообразие в почве, снижая ее нарушение и обеспечивая круглогодичный почвенный покров⁹.

Буферы прибрежных (тугайных) лесов состоят из полос травы, кустарника и деревьев между берегом, непосредственно от кромки воды, и пахотными землями. Деревья и кустарники стабилизируют берег, улучшают и защищают водную среду, а также защищают пахотные земли от водной эрозии и засорения. Трава замедляет и рассеивает сток с пахотных полей, способствуя осаждению осадочных отложений и инфильтрации питательных веществ и пестицидов¹⁰.

Наконец, силвопастбищное земледелие представляет собой преднамеренное использование территории леса как пастбища. Как правило, эта система включает засев местными пастбищными травами, внесение удобрений и азотфиксирующих бобовых, а также ротационный выпас скота. Потенциальные преимущества этой системы включают более прохладную среду для скота, более короткий цикл лесозаготовок благодаря более высокому уровню азотных удобрений и контролю конкуренции, а также более эффективное поглощение питательных веществ растениями. Затраты и сложности, связанные с созданием системы силвопастбищного орошения, включают высокие капитальные затраты, связанные с посадкой деревьев, необходимость в ограждении и мониторинге поголовья скота, а также обеспечение соотносимости между поголовьем скота и породами растений [Weidermann, 2013].

На практике отмечается, что системы управления агролесоводством оказывают различное воздействие на потенциал связывания углерода [Feliciano et al., 2018, p. 1–6]. Потенциал секвестрации определяется характеристиками растений (породы деревьев, культуры, плотность деревьев), характеристиками системы (структура, стабильность) и факторами управления (обработка почвы, методы уборки урожая, внесение удобрений и растительные остатки) [Ibid.]. В докладе МГЭИК «Изменения в землепользовании и лесном хозяйстве» (2000 г.) было установлено, что из всех видов

⁹ [Weiderman, 2017] — Ветрозащитные полосы. С. 1–2.

¹⁰ [Dosskey, 1997] — Прибрежные полосы. С. 1–4.

землепользования агролесоводство обладает наибольшим потенциалом связывания углерода [IPCC, 2000, р. 130]. При принятии решения о том, какие виды деревьев следует включить в практику агролесоводства, ФАО рекомендует учитывать экологическую устойчивость и экономическую жизнеспособность видов деревьев, нынешние и будущие последствия изменения климата, а также по возможности выбирать аборигенные и адаптированные виды деревьев в целях улучшения местного биоразнообразия и функционирования экосистем [FAO, 2020, р. 55].

Кей и др. недавно завершили анализ потенциала связывания углерода в агролесоводстве Европы. Они обнаружили, что потенциал связывания углерода в агролесоводстве составляет от 0,09 до 7,29 т CO₂ с гектара в год [Kay et al., 2019, р. 550]. В целом Кей и др. пришли к выводу, что более низкий потенциал связывания углерода соответствует системам агролесоводства с меньшим количеством древесных элементов на единицу площади (меньший процент площади полей) [Ibid.]. Предыдущие исследования имели аналогичные результаты по всей Европе и обобщены в табл. III.1.

Пример: «Великая зеленая стена» (Африка)

Впервые выдвинутый в 2005 г. бывшим президентом Нигерии, вождем Олусегуном Обасанджо и президентом Сенегала Абдулаيه Вадом, проект «Великая зеленая стена» представляет собой пан-африканскую инициативу по восстановлению земель через создание лесной полосы, пересекающей значительную часть Африки длиной 7000 км и шириной 15 км [UNCCD, 2020, р. 4–8]. Эта инициатива охватывает 11 стран региона Сахель от западного побережья Сенегала до восточного побережья Джибути [Ibid.] (рис. III.4). Кроме национальных правительств этих стран, в инициативе участвуют ряд международных организаций, частный сектор и гражданское общество. Среди заметных участников можно отметить ФАО, Всемирный банк, Конвенцию ООН по борьбе с опустыниванием и Международный союз охраны природы (МСОП) [Ibid.]. Этот проект имеет большое значение для стран-участников, поскольку регион чрезвычайно уязвим для деградации земель и опустынивания; по оценкам, около 45% площади Африки затронуты опустыниванием, а 55% этой территории находятся под угрозой дальнейшей деградации [ELD, 2015, р. 12–15].

III. Карбоновое земледелие и лесное хозяйство

Таблица III.1. Потенциал улавливания углерода (в год) в агролесных системах Европы, согласно разным исследованиям

Потенциал хранения углерода для агролесоводства в Европе в годовом исчислении (т CO ₂ /га в год)	Авторы исследования
0,09–7,29	[Kay et al., 2019, p. 550]
0,77–3,00 (аллейная посадка)	[Palma et al., 2007, p. 320–334]; [Resiner et al., 2007, p. 401–418]
2,75	(Aertsens et al., 2013)
Среднее значение: 2,78 тс/га	

Источник: Анализ авторов.



Рис. III.4. «Великая зеленая стена»

Источник: Федеральное агентство новостей. <<https://riafan.ru/1289427-proekt-zelenaya-stena-obedinit-afriku-protiv-neokolonialnoi-politiki-zapada>>.

«Великая зеленая стена» задумывалась как инициатива по лесовосстановлению и лесонасаждению, но по мере развития была расширена за счет включения других методологий восстановления земель, таких как природные заповедники и общественные сады.

На сегодняшний день в рамках проекта реабилитировано 4 млн га земли и создано 350 тыс. рабочих мест. В целом инициатива направлена на реабилитацию 100 млн га и создание 10 млн «зеленых» рабочих мест к 2030 г. [UNCCD, 2020, p. 4–8, 24]. Эти

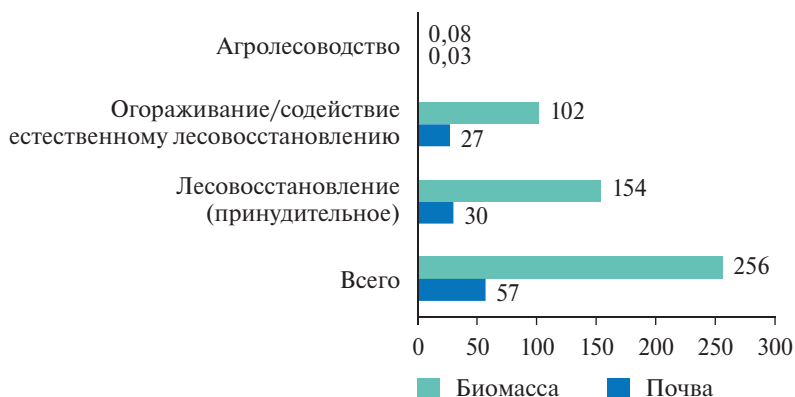


Рис. III.5. Потенциал связывания углерода биомассой и почвой до 2030 г. в рамках существующих мер развития «Великой зеленой стены», млн т CO₂

Источник: [UNCCD, 2020, р. 5].

цели на 2030 г. отражены на рис. III.5. В докладе Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (2020 г.) сказано о потенциальных сопутствующих выгодах проекта «Великая зеленая стена» в области компенсации выбросов углерода для частного сектора. В частности, интересантом проекта может быть Система компенсации и сокращения выбросов углерода в международной авиации (CORSIA) в части достижения общих целей по сокращению выбросов CO₂ и в области корпоративной социальной ответственности (КСО) [UNCCD, 2020, р. 37].

3. Секвестрация углерода в почве

Процесс секвестрации углерода в почве включает удаление углекислого газа из атмосферы и его хранение в наземной экосистеме. Углекислый газ удаляется из атмосферы в процессе фотосинтеза деревьями, растениями и сельскохозяйственными культурами и хранится в биомассе в стволах деревьев, ветвях, листьях,

III. Карбоновое земледелие и лесное хозяйство

корнях и почве. Леса и пастбища являются примерами систем поглощения углерода, поскольку они способны хранить его в течение длительного времени, более того, почвы являются крупнейшим на планете поглотителем наземного углерода.

Согласно недавно опубликованному Глобальному протоколу ФАО по органическому углероду в почве, «масштабы и темпы поглощения углерода в почвах могут сильно варьироваться в зависимости от различных видов землепользования и практики, характеристик почвы, растительности, рельефа и климата, а также от других почвообразующих факторов и процессов». Как показано на рис. III.6, процесс, регулирующий круговорот углерода между почвой и растениями, является сложным.

Почвенный органический углерод (SOC) существует в почве в различных формах с разным временем пребывания. Некоторые

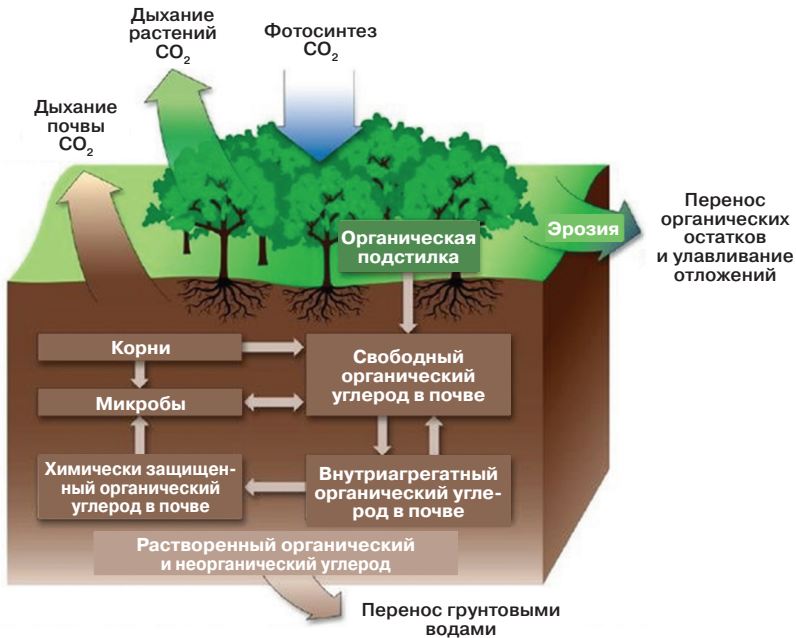


Рис. III.6. Секвестрация углерода в почве

Источник: [DOE, 2005].

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

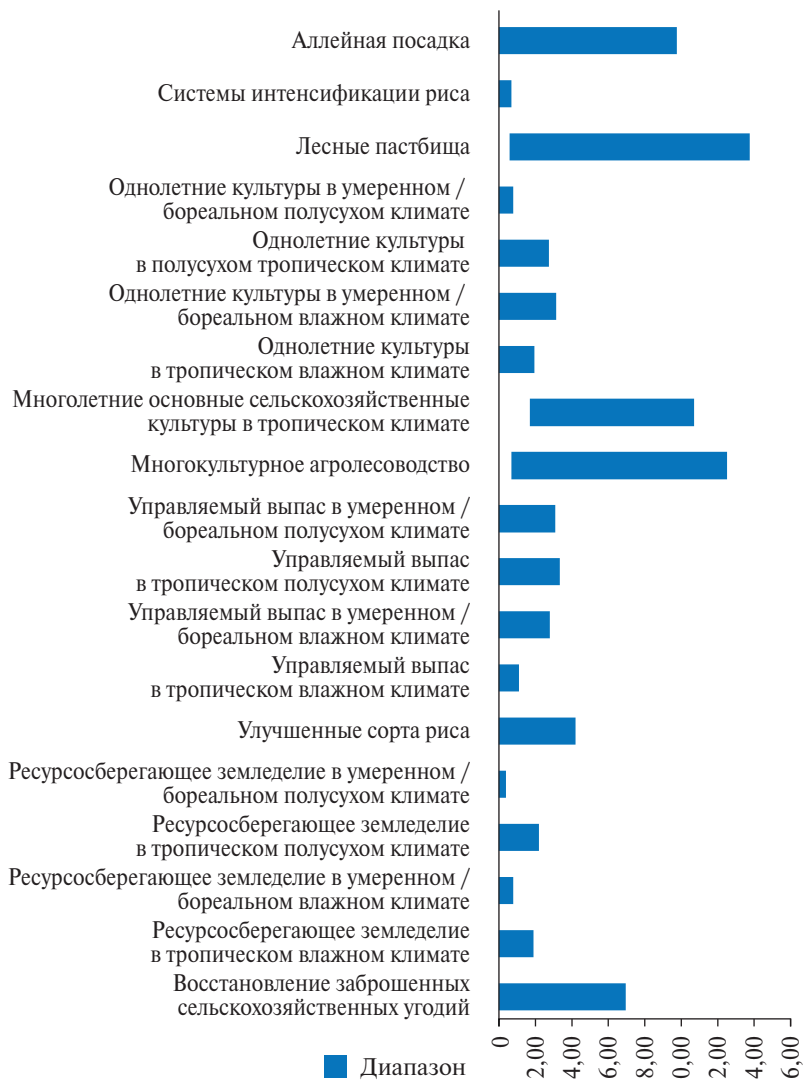


Рис. III.7. Скорость секвестрации углерода природными методами (диапазон по регионам с разным климатом), т/га в год

Источник: [UNCCD, 2020, p. 27].

III. Карбоновое земледелие и лесное хозяйство

Таблица III.2. Варианты секвестрации углерода по видам почв

Мера	Потенциальный эффект	Основная целевая группа почв для секвестрации углерода	Регионы с высокой долей целевых почв (примеры)
Работа с удобрениями и органическими остатками	Повышение плодородия и урожайности почв: — с низким содержанием питательных веществ; — с низким содержанием органического углерода; — засоленных	Почвы в натуральных хозяйствах, особенно в регионах с низкой урожайностью, например: — сильно выветрелые почвы (акрисоли, феррасоли, ликсисоли); — песчаные почвы (ареносоли); — полусухие почвы (кальцисоли, гипсисоли, солонцы, солончаки)	— Африка южнее Сахары — Бразилия — Австралия — Северо-запад Китая
Известкование	Повышение плодородия подкисленных почв и возврата пожнивных остатков; снижение выбросов N_2O	Распространенные виды сельскохозяйственных почв с кислым грунтом — например, камбисоли, лювисоли, фазисоли, акрисоли, феррасоли	— Китай: закисленные почвы с интенсивной азотной подкормкой — Африка южнее Сахары — Бразилия
Применение биоугля	Улучшение физико-химических свойств почвы; сокращение выбросов N_2O и NH_4	Сильно выветрелые почвы (акрисоли, феррасоли, ликсисоли) и тропические ареносоли. Подтопленные почвы под рисом	— Бразилия, Колумбия — Южная и Восточная Азия
Мульчирование (например, при беспахотной обработке) и выращивание покровных культур	Повышение содержания органического углерода почвы; охлаждение, сохранение влаги, защита от эрозии, продление сельскохозяйственного сезона в тропиках и субтропиках	Почвы с большим «углеродным долгом». Почвы, подверженные тепловому воздействию, — например, акрисоли, феррасоли, ликсисоли, нитисоли тропиков и субтропиков	— Эфиопия, север и северо-запад Китая
Обработка почвы, например гряд и борозд;	Снижение интенсивности разложения органического углерода	Почвы, подвергающиеся подтоплению (вертисоли) и эрозии (например,	— Индия, Эфиопия, США,

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

Мера	Потенциальный эффект	Основная целевая группа почв для секвестрации углерода	Регионы с высокой долей целевых почв (примеры)
сокращение или полный отказ от вспахивания	почвы за счет защиты структуры почвы и уменьшения аэрации	файоземы, черноземы, ферралесоли, акризолы; почвы на наклонных поверхностях)	Россия, Бразилия, Заир, Китай
Глубокое рыхление и вспахивание (переворачивание) почвы, рыхление глинистого грунта	Внесение подпочвенного углерода с повышением урожайности	Твердый грунт (антросоли, лювисоли, дюрисоли)	— Восточная Европа — Новая Зеландия, Австралия
Организация систем растениеводства, например, точное земледелие, использование смесей культур, комбинированное хозяйство (например, выращивание риса и разведение креветок)	Оптимизация использования ресурсов и секвестрация органического углерода почв в пространственно неоднородных ландшафтах или при временно неравномерном водоснабжении	Многие виды пахотных почв: — например, лювисоли, камбисоли, акризолы; — флувисоли	— Западная Европа, Австралия — Вьетнам, юг Китая
Регулирование водного режима (например, подтопление)	Снижение интенсивности разложения органического углерода почвы за счет повторного увлажнения и недопущения дренажа	Временно подтопленные почвы — например, рисовые плантации (антросоли) или почвы вблизи рек (флувисоли); торфяные болота и органические почвы (гистосоли), почвы с грунтовыми (глейсоли) или застойными (стагносоли, планосоли) водами.	— Юго-Восточная Азия, Центральная Африка
Регулирование водного режима (например, ирригация)	Повышение урожайности в засушливых районах, регулирование засоленности при дренировании	Плодородные ползучие почвы (например, кастаноземы, ликсисоли), засоленные почвы (кальцисоли, солонцы)	— Юг США, Южная Африка, Австралия

Источник: [Amelung, 2020, p. 3].

реакции с ним протекают быстро — например, микробное дыхание; в то время как другие формы углерода более устойчивы и могут разрушаться десятилетиями [UNCC, 2020, р. 24]. Химически защищенный органический углерод, по сути, находится в «полу-постоянном» состоянии и может разрушаться в течение столетий или даже тысячелетий [FAO, 2017, р. 8]. Недавно заверченный анализ методов ведения «углеродного» сельского хозяйства иллюстрирует диапазон эффективности естественных методов связывания углерода (см. рис. III.7, с. 60).

Адаптация определенных методов управления почвой для конкретного участка может стать одним из способов, с помощью которого сельскохозяйственные угодья могут превратиться в крупный поглотитель углерода [Lal et al., 2018, р. 146A]. Скорость секвестрации в результате применения таких практик на сельскохозяйственных землях составляет от 0,2 до 0,8 т CO₂/га в год. Недавний обзор методов секвестрации углерода почвой, проведенный Амелунгом и др. [Amelung et al., 2020, р. 3], представлен в табл. III.2 (см. с. 61).

4. Селекция растений

В этом разделе приводится обзор достижений селекции растений в той мере, в какой они относятся к потенциалу связывания углерода. В настоящее время существует несколько различных направлений исследований, которые имеют потенциал резкого увеличения поглотительной способности углерода растений в почве. Рассматриваемые темы включают селекционный потенциал растений для лесного и агролесоводческого хозяйства; отбор культур с глубокой и развитой корневой системой; выведение многолетних культур и работу над повышением содержания суберина в растениях. В вышедшем в 2020 г. совместном докладе НИУ ВШЭ и ФАС «Селекция 2.0» уже говорилось о том, что соответствующие направления селекции должны стать частью селекционной программы российских научных учреждений [Иванов, Куликов, Харченко, 2020, с. 203—204].

4.1. Потенциал селекции лесных растений и растений для агролесных систем

Леса занимают около 30% общей площади суши и играют важную роль в качестве поглотителей углерода как в атмосфере, так и в почве. Текущая площадь лесного покрова динамична и в будущем в значительной степени будет подвержена влияниям землепользования и изменения климата. Повышение температуры, более частые засухи и лесные пожары являются одними из факторов, способных превратить леса из чистых поглотителей углерода в чистые источники CO_2 . Природные решения проблемы изменения климата потребуют значительного вклада со стороны лесоразведения, лесовосстановления и предотвращения обезлесения. Для того чтобы такие меры были эффективными, необходимо будет среди прочего предпринять согласованные усилия по селекции растений. Потенциал связывания углерода распространенными лесохозяйственными и агролесомелиоративными породами представлен в табл. III.3.

Среди всех пород наибольшую скорость секвестрации углерода показывает павлония — дерево, широко используемое в агролесоводстве и в качестве биомассы при выработке энергии. Объем ее секвестрации — около 9 т CO_2 -экв./га в год. Другим плюсом является быстрый темп роста — 3,6–5,0 м в год, относительно короткий урожайный цикл — начиная от 8–10 лет в наиболее благоприятных условиях. Для таких характеристик необходимо много питательных веществ и воды, что может потребовать дополнительных затрат и повлиять на качество почвы и ее плодородие.

Павлония достаточно приспособлена к различным климатическим условиям: будучи эндемичной для Азии, она может переносить температуры до -15°C и, следовательно, обладает потенциалом для адаптации к более холодному климату. Опытные плантации павлонии заложены в ряде стран Центральной Азии — в Узбекистане, Киргизстане, Казахстане. Однако широкое распространение в новых для данного семейства регионах может привести к неизученным до сих пор последствиям. В ряде штатов США распространение павлонии запрещено местным законодательством.

Таблица III.3. Способность различных видов растений улавливать углерод, т/га в год

Виды	Вид /род	Семейство	Секвестрация, т CO ₂ /га в год	Темп роста, м в год	Урожайный цикл, в годах	Климатическая зона	Характеристики	Источник
<i>Populus spp</i>	Тополь	Ивовые	2,78–3,5	1,8–3,6	10–15	Северная умеренная зона	Целлюлоза, древесина лиственных пород	[Kau et al., 2019]
<i>Paulownia</i>	Павловния	Павловниевые	9	3,6–5,0	8–12	40° с.ш. и 40° ю.ш. до 2000 м (–23°C)	Легкая, но прочная древесина; фанера	[Magar et al., 2018]
<i>Hybrid Poplar</i>	Гибридный тополь	Ивовые	1,8–4,7	1,5–2,4	10–15	Северная умеренная зона	Целлюлоза; биоэнергетика; Воронежский питант, Ведуга, Бриз, Сюрприз	[Winans et al., 2015]; [Tsarev, 2003]
<i>Alnus Incana</i>	Ольха серая	Березовые	6,0–7,0	1,5	10–15	Северная умеренная зона	Твердая древесина; изготовление мебели	[Rytter et al., 2016]
<i>Hybrid aspen</i>	Осина	Березовые	4,0–7,0	1,5–2,0	10–15	Северная умеренная зона	Мягкий; сильный; низкая воспламеняемость	[Rytter et al., 2003]
<i>Eucalyptus saligna Sm.</i>	Эвкалипт	Миртовые	8	1,8–3,6	8–12	Тропический + морозоустойчивый (новый)	Целлюлоза; древесина масляная; Эвкалипт грандис × Эвкалиптовая урอฟилла	[Kaul, 2010]; [Merino et al., 2014]; [Hinchee et al., 2009]
<i>Phyllostachys pubescens</i>	Бамбук	Злаки	8,5	5,0–10,0	5–7	Тропические виды; холодоустойчивые виды до –23°C	Съедобные фрукты; сырье; Фаргезия низкая	[Isagi et al., 1997]
<i>Olea europaea</i>	Олива европейская	Масличные	2,6	–	–	Субтропический климат (до –10°C)	Растениеводство (съедобные фрукты)	[Sofa et al., 2005]

Виды	Вид/род	Семейство	Секвестрация, т CO ₂ /га в год	Темп роста, м в год	Урожайный цикл, в годах	Климатическая зона	Характеристики	Источник
<i>Bactris gasipaes</i>	Периковая пальма	Пальмовые	2,9–3,8	–	–	Субтропический климат, морозоустойчивость (до 0°C)	Растениеводство (съедобные фрукты)	[Schroth, 2002]
<i>Dalbergia sissoo</i>	Дальбергия	Бобовые	6,5	0,6–0,9	15–25	Субгималаи (до –10°C)	Древесина, дрова; требуется большое количество осадков	[Joshi et al., 2013]
<i>Shorea robusta</i>	Сал, или шорея испотлинская	Шорея	5,2	1,0–1,3	30–40	Субтропический климат, субгималаи, мороз (до 0°C)	Вечнозеленый; древесина лиственных пород	[Jana et al., 2011]
<i>Terminalia tomentosa</i>	Терминания	Комбretовые	5,3	1,0–1,3	–	Тропический климат, морозная погода (до 0°C)	Лекарственные свойства; мебель-дерево; хранить воду в сухой сезон	[Chaturvedi, 2011]

Источник: Анализ авторов.

Тополь (*Populus spp*) и его гибриды определены как перспективный вид для связывания углерода в более холодном, северном и континентальном климате. Тополь распространен на большей части территории России и встречается во многих российских городах. Он имеет относительно высокий потенциал секвестрации углерода — 1,8–6,35 т CO₂-экв./га в год, высокие темпы роста — 1,524–3,6 м/год, короткий продуктивный цикл — 10–15 лет. Тополь может быть использован в агролесоводстве, выработке биоэнергии, производстве целлюлозы. В России создано несколько собственных гибридов: Бриз, Воронежский гигант, Ведуга, Сюрприз. Для обеспечения максимальной эффективности будущих инициатив по лесонасаждению и лесовосстановлению тополей потребуется отбор генотипов, отличающихся высокими показателями роста, биомассы и устойчивостью к болезням. Специфика региона посадки также является важной характеристикой для выбора генотипа.

Ряд зарубежных лесных компаний — например, *Alberta-Pacific (ALPAC)* в Канаде — экспериментируют с плантациями гибрида тополя и осины. В процессе опытного выращивания были выявлены не только положительные, но и ряд отрицательных моментов — например, высокая степень поражения тополей различными фитопатологиями. Перед широким внедрением в практику необходимо проводить опытные посадки такого рода насаждений.

Несмотря на то что ареал эвкалиптов (*Saligna*) и бамбука (*Phyllostachys pubescens*) далек от холодных регионов, они заслуживают внимания в связи с их чрезвычайно высоким потенциалом секвестрации углерода. Эвкалипт является быстрорастущим видом (1,8–3,6 м/год) с высоким потенциалом связывания углерода (8 т CO₂-экв./га в год), коротким циклом сбора урожая (8–12 лет) и возможностью многократного использования его древесины. Родина эвкалипта — Австралия, местная среда обитания — от тропической до субтропической [Kaul, 2010, p. 496]. В работе [Hinchee et al., 2009, p. 1] описывается скрещивание *Eucalyptus grandis* с *Eucalyptus urophylla*, что позволяет растению быть устойчивым к замерзанию. Такие исследования открывают

интересные возможности для адаптации эвкалипта к инициативам по секвестрации углерода в более холодных регионах. Несколько десятилетий назад эвкалипты были высажены в Колхидской низменности в Грузии, прижились и стали элементом природной среды. Из-за низкой устойчивости к заморозкам дальнейшее распространение обычного эвкалипта на север не произошло.

Что касается бамбука, то несколько его видов относятся к холодоустойчивым (*Phyllostachys Aurea*, *Phyllostachys bissetii*) и могут переносить температуры до 15°C. Бамбук обладает чрезвычайно быстрым темпом роста (5,0–10,0 м/год) с высоким потенциалом связывания углерода (8,5 т CO₂-экв./га в год) и возможностью использования как сырья для производства, а также для употребления в пищу. Не являясь деревом по классификации, бамбук достигает высоты, сравнимой с деревом (до 15–20 м), а также имеет схожую с деревьями структуру биомассы [Lobovikov, 2010, p. 263]. Было замечено, что инициативы по облесению территории бамбуком способствуют накоплению органических веществ в почве, противодействуют эрозии, способствуют восстановлению эксплуатируемых ландшафтов, уменьшают отложение осадков и загрязнение от сельскохозяйственных стоков и даже фильтруют сточные воды [Mailly et al., 1997, p. 172].

Следует отметить, что скорость и величина прироста древесного ствола зависят не только и даже не столько от наличия быстрорастущих пород, сколько от качества ухода. Лесоводство требует посадки гораздо большего числа саженцев, чем итоговое число взрослых деревьев на единице площади. Так, исходя из правил лесовосстановления необходимо посадить не менее 3000 саженцев на 1 га, в то время как до 100-летнего возраста доживают примерно 250–300. Это значит, что 90% деревьев погибают по естественным причинам — в силу конкуренции либо в результате естественной смерти.

В ходе естественной конкуренции плотность древесной биомассы на 1 га может быть существенно ниже, чем при наличии ухода. В связи с этим внедрение более быстрорастущих видов должно сочетаться с улучшением охвата и качества ухода за лесом.

4.2. Селекция растений с глубокой корневой системой

Отбор видов растений для глубокого укоренения фенотипов является относительно новым направлением исследований, имеющим перспективы для улучшения потенциала секвестрации углерода. Было показано, что распространение культур с более глубокими корневыми системами улучшает распределение углерода в почве, переносит его в более глубокие слои, способствует усилению микробного разложения и ризодепозиции. По оценкам, 30–60% связанного углерода в однолетних растениях передается в корневую систему. В табл. III.4 приведены показатели для некоторых распространенных культур.

Помимо повышенного потенциала связывания углерода, глубоко укоренившиеся культуры дают ряд ключевых преимуществ, включая предотвращение эрозии почвы, возможность возделывания урожая на маргинальных (деградированных) землях и выращивания на склоновых землях [IPCC, 2019, р. 393–395]. Паустьян и др. (Paustian et al., 2016, р. 11) отмечают, что рост производства углерода в корневой системе, вероятно, потребует увеличения азотных удобрений для поддержания соотношения внесения углерода к азоту на уровне 10 к 1. Положительный потенциальный эффект связывания углерода может быть несколько меньше вследствие увеличения содержания азота, поступившего вместе с искусственными удобрениями [Mosier et al., 2006, р. 1].

Таблица III.4. Доля связанного углерода, передаваемого различными видами растений в корни, %

Вид	Доля углерода, передаваемого в корни, %	Источник
Пшеница	25	[Whipps et al., 1983, р. 605–623]
Ячмень	21	[Whipps et al., 1984, р. 644–651]
Кукуруза	52	[Whipps et al., 1985, р. 644–651]
Томаты	70	[Whipps et al., 1987, р. 95–100]

4.3. Селекция многолетних растений

Процесс преобразования однолетних культур (пшеницы, кукурузы, риса) в многолетние культуры называется перенниализацией [WRI, 2020, р. 57]. В настоящее время эта тема только зарождается, причем в большинстве случаев она находится на экспериментальной стадии или лабораторном уровне¹¹. Большим недостатком однолетних культур является необходимость их ежегодной посадки, что приводит к нарушению почвы и потенциальным потерям углерода [Крюс и др., 2018, с. 293–304]. Многолетние растения имеют более развитую корневую систему, которая служит в качестве увековечивающих структур, сохраняя углеводы и питательные вещества для следующего вегетационного периода и поддерживая оптимальные условия в корневой зоне [Comas et al., 2013, р. 2].

В конце 2018 г. в Китае был представлен сорт многолетнего риса — результат более 10 лет исследований [Huang et al., 2018, р. 15]. Многолетний аналог пшеницы под маркой Kernza® разрабатывается в США¹² Земельным институтом. Простая визуализация процесса многолетнего выращивания показана на рис. III.8.

В настоящее время Kernza®, который позиционируется как экономически и экологически выгодный сорт, все еще находится в стадии разработки и был представлен для тестирования лишь 100 фермерам для посадки на площади около 800 га. Земельный институт утверждает, что Kernza® потенциально может производить больше семян в год, чем обычные сорта, оставаясь при этом в почве¹³. В настоящее время ведутся эксперименты по уплотнительному посеву Kernza® и его дополнительному использованию также в качестве кормовой культуры¹⁴.

¹¹ Land Institute 2021: <<https://landinstitute.org/our-work/>>.

¹² Ibid.

¹³ Ibid.

¹⁴ Ibid.

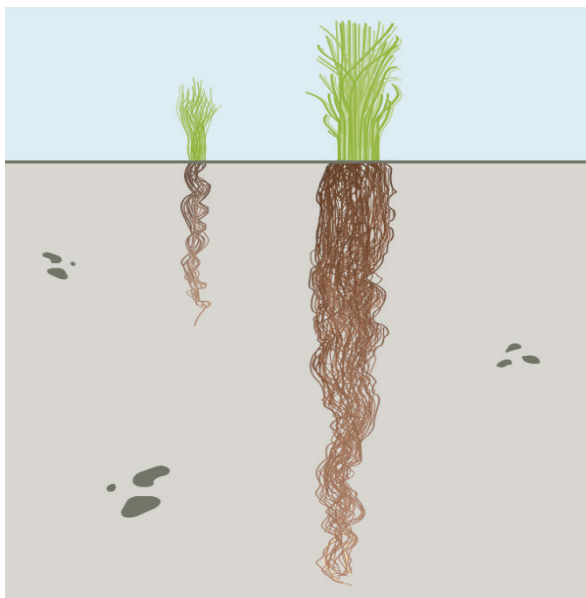


Рис. III.8. Рост корня у однолетней пшеницы (слева) и ее многолетнего аналога (справа)

Источник: Land Institute 2021: <<https://landinstitute.org/our-work/>>.

4.4. Увеличение содержания суберина в растениях

Одним из способов, улучшающих секвестрацию корневого углерода, является отбор культур с увеличением естественной выработки суберина. Суберин — липофильный сложный полиэфирный биополимер, в просторечье также называемый пробкой, который отличается повышенным сохранением в почве. Присущая ему биохимическая стабильность потенциально может быть использована для модификации растений с целью получения более глубоких корневых систем, повышения накопления углерода и увеличения времени хранения углерода в течение длительного периода [Kell, 2011, р. 408; Lorenz et al., 2007, р. 3–8; WRI, 2020, р. 57]. Одним из примечательных примеров коммерциализации

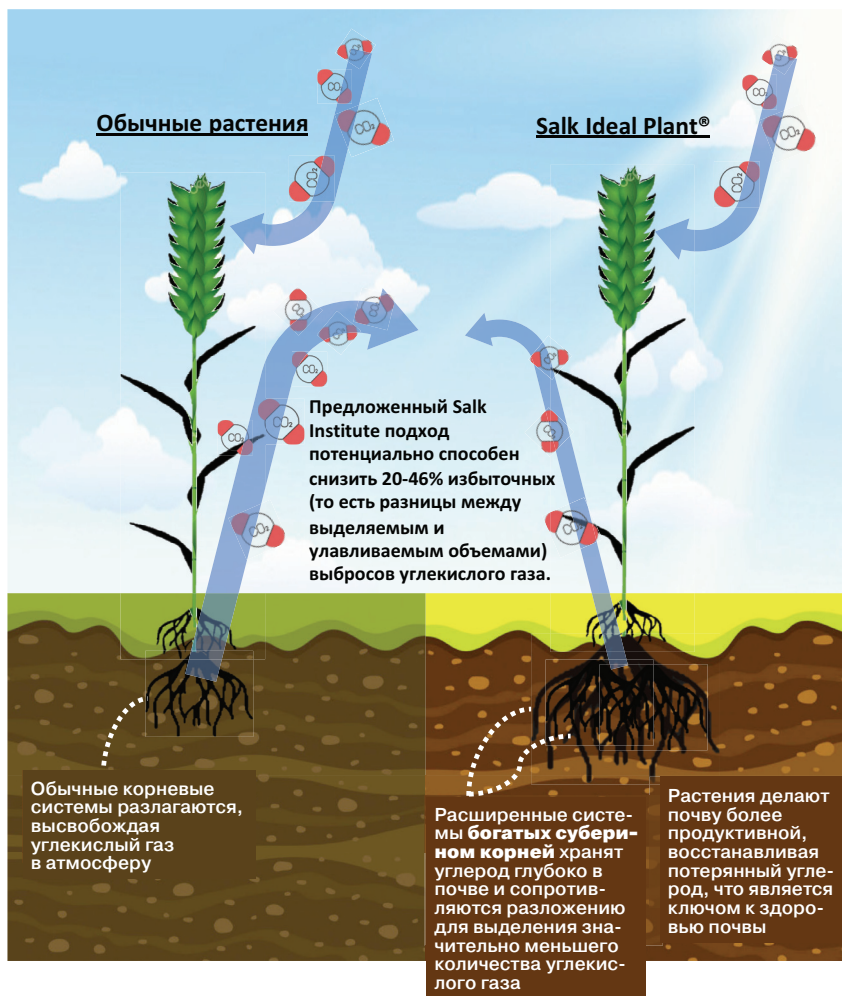


Рис. III.9. Коммерциализация суберина в проекте Ideal Plants®

Источник: [Foreign Policy, 2019].

использования суберина в сельском хозяйстве является проект Ideal Plants®, разработанный Институтом Солка (рис. III.9).

III. Карбоновое земледелие и лесное хозяйство

В исследовании показано, что один ген может изменить архитектуру корней, изменяя реакцию растения на гравитацию. Команда Института Солка надеется, что разработка и внедрение «идеального» бобового растения на сравнительно небольшой части сельскохозяйственных угодий мира позволит улавливать значительную часть глобальных выбросов CO₂. Идеальные растения Ideal Plant® будут производить больше суберина, который будет способствовать секвестрации углерода и станет устойчивым к разложению, сможет поддерживать свою молекулярную форму в течение сотен и, возможно, тысяч лет¹⁵.

¹⁵ Salk Institute 2021: <<https://www.salk.edu/harnessing-plants-initiative/>>.

IV. Сельскохозяйственный бизнес на углеродном рынке

В последние годы наряду с активным распространением систем государственного регулирования выбросов парниковых газов (в том числе систем торговли квотами на выбросы в Европе, Китае, Калифорнии и углеродных налогов в европейских и азиатских странах), а также различных отраслевых систем регулирования выбросов (в том числе система *Corsia* на базе *ICAO*) быстрыми темпами развиваются добровольные схемы зачета сокращения выбросов на основе реализации инвестиционных проектов (*voluntary carbon offsetting*). Добровольные углеродные рынки представляют собой площадки для сделок по купле-продаже единиц сокращения выбросов парниковых газов.

К участию в добровольных схемах сокращения выбросов компании приходят как из желания повысить привлекательность¹ для инвесторов, так и исходя из каких-то сопряженных выгод, в том числе для усиления позиций на отдельных локальных рынках, куда поставляется продукция компании [Wolf et al., 2020, p. 2]. Проекты охватывают разные сферы деятельности — от сокращения выбросов в сельском хозяйстве посредством уменьшения объемов используемых химических удобрений до повышения энергоэффективности производства и перехода на более чистые источники энергии. В последнее время растущую популярность приобретают проекты в области лесного хозяйства и землепользования. Проек-

¹ Все большую роль при принятии решений инвесторов начинают играть позиции участников рынка в разнообразных индексах и рейтингах, отражающих качество раскрытия углеродной отчетности и успехи компаний в сокращении выбросов — в частности, S&P Dow Jones Sustainability Indices (S&P DJSI), Bloomberg ESG Disclosure Scores, Morgan Stanley Capital International (MSCI) ESG research and indices, CDP, FTSE4Good, Sustainalytics' Global Access и т.п.

ты имеют довольно широкую географию и реализуются более чем в 80 странах, однако большинство сконцентрировано в Индии, Китае, США, Турции и Бразилии.

1. Стандарты верификации углеродных проектов

Основным принципом реализации подобных проектов является принцип «дополнительности», соблюдение которого означает, что единицы сокращения выбросов служат результатом проектной деятельности, ведущей к сокращению выбросов в той или иной сфере хозяйства по сравнению с базовым сценарием реализации проекта (без внедрения мер сокращения выбросов) за определенный временной промежуток. Финансирование проекта по сокращению выбросов той или иной компанией осуществляется в том случае, когда сокращение собственных выбросов обходится ей дороже, чем реализация сторонних проектов, позволяющих зачестить эквивалентный объем сокращения выбросов.

Стандарты учета и верификации единиц сокращения выбросов объединяют и обеспечивают взаимодействие между регулирующими органами, покупателями и продавцами. Объем сокращений выбросов в рамках реализации проектов рассчитывается путем сбора и агрегирования полевых данных в набор уравнений, которые дают представление о сокращении выбросов, и/или путем использования консервативной общей справочной информации (например, национальной базы данных по почвам)². Например, для получения исходных норм азотных удобрений можно собрать данные о практике управления азотными удобрениями для конкретного участка или вывести нормы азотных удобрений из записей на уровне страны и внести коррективы для конкретного участка [Verra, 2018, p. 9].

Реализация проектов по сокращению выбросов контролируется набором международных стандартов верификации единиц со-

² [Wolf et al., 2020, p. 2], а также: ЕС 2019 — Круглый стол по углеродным схемам в Европе, с. 8.

крашения, которые варьируют в зависимости от вида и географии проектной деятельности, а также от деталей методологии учета сокращения выбросов. С середины 2010 г. появилось несколько стандартных органов, которые в настоящее время доминируют в добровольных сделках на углеродном рынке. В 2016 г. в число ведущих стандартов входили *Verified Carbon Standard* — *Verra* (58% сделок), *Gold Standard* (17%), *Climate Action Reserve* (8%), ISO-14064 (4%) и *American Carbon Registry* (3%) [Smith, 2019, p. 4].

Verified Carbon Standard (VCS) – Verra (США)

Основанная в 2005 г., программа VCS стала результатом объединения нескольких организаций, включая Группу по климату, Международную ассоциацию торговли квотами на выбросы, Всемирный совет деловых кругов по устойчивому развитию и Всемирный экономический форум, и управляется компанией *Verra*. Ее первоначальная цель — сертификация и кредитование добровольных проектов по сокращению выбросов, однако сейчас она используется также для работы с национальными схемами. В частности, в обновленном стандарте, выпущенном в 2019 г., были ограничены виды деятельности по сокращению выбросов, которые все еще могут быть зачтены в рамках данного стандарта, а возобновляемые источники энергии были исключены с учетом того, что они перестали остро нуждаться в дополнительных механизмах привлечения финансирования. В рамках инициативы по VCS ведется активная работа по приведению стандартов и деятельности по проверке в соответствие с Парижским соглашением и ЗГД ООН. На сегодняшний день стандарт является крупнейшей аккредитующей организацией, на долю которой приходится более 50% объема добровольных углеродных рынков и значительная часть рынка выбросов, охваченных обязательными системами регулирования [VCS, 2021; World Bank, 2020, p. 64].

The Gold Standard (Швейцария)

Этот стандарт разработан некоммерческими организациями *HELIO International* и *SouthSouthNorth* совместно с Всемирным фондом дикой природы (WWF) в 2003 г. для неправительственных

проектов по сокращению выбросов, проектов, реализуемых в рамках добровольных углеродных рынков, и других климатических инициатив. Он был разработан с учетом понятий социального воздействия и прежде всего оценивает такие сопутствующие выгоды, как создание рабочих мест и улучшение состояния здоровья местных общин. Позднее стандарт был приведен в соответствие с механизмом торговли в рамках Парижского соглашения и ССГД ООН [World Bank, 2020, p. 63]. Методология *Gold Standard* для земель с низкой степенью обработки является глобально признанной для проектов в сельскохозяйственном секторе³.

The Climate Action Reserve (CША)

Экологическая некоммерческая организация *The Climate Action Reserve* с 2001 г. разрабатывает надежные рыночные решения в области изменения климата, которые принесут пользу экономике, экосистемам и обществу. Первоначально она работала над проектами в Калифорнии, но позже расширила географию своей деятельности до всех штатов США, Канады и Мексики, разработав собственный стандарт⁴ и взяв на себя функции регистратора.

American Carbon Registry – ACR (США)

Некоммерческая организация *Winrock International* стала в 1996 г. первой в мире, разработавшей методологию и процедуру углеродного учета и запустившей добровольный реестр парниковых газов. Покупателям и продавцам квот предложена возможность заключать договоры как в рамках созданной биржи (регистра), так и на основе внебиржевой процедуры⁵.

³ Gold Standard, 2020. <<https://www.goldstandard.org/sites/default/files/methodology-tillage-improvement-v0.9.pdf>>.

⁴ [World Bank, 2020, p. 62], а также: Climate Reserve, 2020. <<http://www.climate-actionreserve.org/how/program/program-manual/>>.

⁵ [World Bank, 2020, p. 61–62], а также: American Carbon Registry, 2021. <<https://americancarbonregistry.org/carbon-accounting/standards-methodologies/emissions-reductions-through-reduced-use-of-nitrogen-fertilizer-on-agricultural-crops>>.

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

Свод некоторых других параметров описанных стандартов представлен в табл. IV.1.

Таблица IV.1. Основные параметры описанных стандартов

Стандарт	Количество стран, охваченных проектами	Количество видов деятельности	Средняя цена тонны в 2018 г., долл.	Выпущено кредитов, млн т	Погашено или аннулировано кредитов, млн т
Verra	72	1628	4	410	251
Gold Standard	72	1249	4	97	59
Climate Action Reserve	2	274	3	69	40
American Carbon Registry	5	122	3	50	8,5

2. Рыночные игроки

Рынком углеродных квот заинтересовались большое число участников сельскохозяйственного рынка — такие крупные игроки, как *Bayer*, *Nutrien* и *Cargill*, наравне со стартапами работают над элементами архитектуры рынков углерода. Повторяя принципы, изложенные в его стратегических планах, новый президент США Джо Байден дал понять, что планирует через Министерство сельского хозяйства (USDA) финансировать фермеров, которые используют свои поля для улавливания большего количества углерода⁶.

Далее опишем некоторых из ключевых рыночных игроков.

Bayer

Имея капитализацию около 50 млрд долл., компания *Bayer* является глобальным игроком на основных сельскохозяйственных рынках и оказывает значительное влияние на организацию секто-

⁶ Wall Street Journal. 2020. <<https://www.wsj.com/articles/agriculture-industry-bets-on-a-new-cash-crop-carbon-11608719403>>.

ра. В 2020 г. концерн запустил в Бразилии и США собственную программу стимулирования фермеров, внедряющих экологически безопасные методы ведения сельского хозяйства (нулевую обработку почвы, покровные культуры и др.). В первый сезон действия программа охватывает 1200 фермеров в обеих странах и ограничена выращиванием кукурузы и соевых бобов. *Bayer* ставит условием верификацию проектов по стандартам *Gold Standard*, *Verra* и *Climate Action Reserve* [Bayer, 2020, р. 17], а также собирает результаты деятельности участников на базе собственной платформы *Bayer FieldView*.

ESMC

Некоммерческая организация основана в 2019 г. как филиал Института здоровья почвы (США) с целью развития рынков экосистемных услуг (углеродных рынков в сельском хозяйстве) и создания стимулов для фермеров к оздоровлению почвы. Эта работа финансируется за счет гранта в размере 10,3 млн долл., предоставленного Фондом продовольствия и сельского хозяйства (FFAR). Совместный с *McDonald's* и *Cargill* маркетинг должен быть запущен в 2022 г. На одной его площадке (спотовом рынке) компании смогут выкупить единицы сокращения выбросов на спотовом рынке для достижения научно обоснованных целей по сокращению выбросов, на второй — компании, имеющие сельское хозяйство в качестве собственных поставщиков (например, производители продуктов питания, напитков, косметики), будут осуществлять своим поставщикам платежи, ориентированные на результат. Дополнительно ESMC запустила пилотный проект стоимостью 8,5 млн долл. с компаниями *McDonalds*, *Cargill*, *Target* и *The Nature Conservancy* по переводу фермеров на регенеративную практику хозяйствования. Проект охватывает примерно 40 тыс. га земли в Небраске, где участникам программы компенсируют 75% первоначальных затрат на такой переход^{7,8}.

⁷ ECSM. <<https://ecosystems-services-market.org>>.

⁸ GreenBiz, 2020. <<https://www.greenbiz.com/article/how-carbon-smart-farm-ing-catalyzing-big-bucks-needed-transform-way-america-eats#:~:text=One%20>>

Farmers Business Network

В сентябре 2020 г. компания *Farmers Business Network* запустила программу *Gradable* вместе с социальной сетью для фермеров и платформой GRO, которая будет отслеживать и оценивать «углеродный след» конкретных культур и позволит фермерам получить рекомендации по его уменьшению. Полученные от производителей данные пройдут через алгоритмы, которые выставят им интегральную оценку, на которую, в свою очередь, могут ориентироваться покупатели, такие как *Tyson Foods* и *Unilever*, желающие получить премиальное зерно⁹. В рамках этой технологии и пакета услуг *Gradable* может как дать экологическую оценку производителя, так и связать вас с поставщиками, интегрированными в логистическую цепочку конкретной точки или географического района¹⁰.

На основании последнего раунда финансирования компания оценена в 1,75 млрд долл.

Indigo AG

По состоянию на начало 2021 г. основанная в 2016 г. *Indigo Ag* является самым дорогим сельскохозяйственным стартапом в мире (около 4 млрд долл.). Она реализует уже описанный принцип маркетплейса для фермеров, осуществляющих практики регенеративного земледелия, с одной стороны, и потенциальных покупателей — с другой.

Особенностью для покупателей — среди них представлены такие крупные компании, как *JPMorgan Chase*, *IBM* и *Barclays* — является возможность заявить более высокую цену покупки проектов — на уровне 20 долл. за тонну CO₂ на сегодняшний день. Чтобы фермеры имели право на участие в программе, они должны добавить одну из следующих практик по сокращению выбросов: высадка покровных

%248,5%20million%20ESMC-linked,upfront%2075%20percent%20cost%20share>.

⁹ Forbes, 2020. <<https://www.forbes.com/sites/amyfeldman/2020/09/01/farmers-business-network-to-spin-out-new-venture-to-track-carbon-footprints-of-crops/>>.

¹⁰ Gradable, 2020. <<http://www.gradable.com/low-carbon-white-paper>>.

Как работает Indigo Carbon



Рис. IV.1. Алгоритм работы Indigo

Источник: Составлено по данным: Indigo Ag, 2020. <<https://www.indigoag.com/for-growers/indigo-carbon>>.

культур, увеличение разнообразия покровных культур или периода их роста, сокращение объемов обработки почвы или использования удобрений либо диверсификация севооборота¹¹. На рис. IV.1 приведен процесс, который в настоящее время доступен фермерам для присоединения к инициативе *Indigo Carbon*.

Indigo установила партнерские отношения с компанией *Verra* и использует в работе соответствующий стандарт (*Verification Carbon Standard — VCS*)¹².

Nori

Другой маркетплейс — *Nori*, запущенный в 2019 г., позиционирует себя как рынок углеродных квот, работающий на блокчейне с собственными токенами (*Nori Removal Token — NRT*) и зарабатывает, взимая плату за транзакцию с населения и компаний, финансирующих устойчивое сельское хозяйство. Стоимость токена привязана к рыночной цене тонны углекислого газа, поглощаемого за счет реализации проекта, и на момент на-

¹¹ Indigo Ag, 2020. <<https://www.indigoag.com/for-growers/indigo-carbon>>.

¹² IndigoAg, 2020. <<https://www.indigoag.com/pages/news/first-companies-commit-to-purchasing-verified-agricultural-carbon-credits>>.

писания доклада¹³ составляет 15 долл. В определении токена NRT уточняется, что удаленный из атмосферы эквивалент — CO₂ должен удерживаться в органической или неорганической форме в наземном резервуаре в течение по крайней мере 10 лет. Продажа NRT осуществляется только на платформе *Nori*, а каждый NRT может быть продан только один раз. *Nori* включает в свою программу фермеров с площадью хозяйства от 400 га и требует подписания 10-летнего контракта. Данные с производителей ежегодно собираются с использованием инструмента оценки и контроля выбросов *COMET-Farm*, финансируемого *USDA* и разработанного Университетом штата Колорадо [*Nori*, 2020, p. 22].

Nori имеет партнерства с *Granular (Indigo Ag)*, *USDA* и *The Nature Conservancy*¹⁴ и с некоторыми другими участниками рынка. В частности, в октябре 2020 г. было подписано соглашение о партнерстве с компанией *Truterra LLC* о запуске пилотного проекта, направленного на обработку существующих данных о результатах действующих проектов секвестрации CO₂. Компания *Truterra* принадлежит одному из крупнейших дистрибьюторов молочной продукции в США *Land O'Lakes* с объемом продаж в 2019 г. в размере 14,9 млрд долл. и сотрудничает с компаниями, входящими в ее производственно-сбытовую цепочку, заинтересованными в поддержке добровольных подходов к оказанию помощи фермерам в продвижении их устойчивого развития.

Nutrien

Крупнейший производитель калийных удобрений в мире и третий производитель азотных удобрений компания *Nutrien* появилась в 2018 г. в результате слияния канадских игроков *Potash-Corp* и *Agrium*. *Nutrien* разрабатывает экспериментальную комплексную программу по снижению выбросов углекислого газа и надеется использовать свои прямые связи с более чем 500 тыс. фермеров по всему миру для стимулирования положительных

¹³ Geekwire, 2020. <<https://www.geekwire.com/2020/seattle-startup-nori-raises-cash-blockchain-marketplace-fight-climate-change/>>.

¹⁴ *Nori*, 2020. <<https://nori.com>>.

Таблица IV.2. Углеродная программа Nutrien

Сквозная дифференцированная углеродная программа Nutrien				
Совместное с производителями (фермерами) планирование, основанное на доверии	Рекомендации по снижению эмиссии исходя из особенностей производителей	Поддержка и консультации фермерам на местах	Централизованный сбор данных и простая валидация	Монетизация в один шаг
Установление доверительных отношений консультанта и долгосрочного партнерства	Собственные рекомендации Nutrien, выработанные в соавторстве с ведущими поставщиками сельского хозяйства	Круглогодичная поддержка фермеров по широкому кругу сельскохозяйственных вопросов	Использование цифровых платформ для сбора данных на уровне ферм и полей	Nutrien берет на себя управление всеми этапами продажи квот и выплачивает вознаграждение производителю
Планирование секвестрации углерода является частью общей цели по устойчивому повышению рентабельности инвестиций	Процесс планирования снижения эмиссии, балансирующий данные, собранные «в полях», с их числовой обработкой для выведения базового уровня для измерений	Индивидуальные рекомендации, в том числе в части применения удобрений	Валидация снижения эмиссии с использованием численных моделей и точек сбора данных «в полях»	Управление проектами квот интегрировано в состав платформы Nutrien

Источник: Составлено по данным: Nutrien, 2020, p. 46. <<https://www.nutrien.com/sites/default/files/2020-11/2020%20Investor%20Day%20Final%20Presentation%20with%20Appendix.pdf>>.

изменений¹⁵. В настоящее время программа находится в стадии разработки, и известно относительно мало деталей. Вполне вероятно, что углеродный рынок будет ориентирован на сельхозпроизводителей с площадью более 200 га и потребует от фермеров перехода на устойчивые методы ведения сельского хозяйства и верификации эффекта для получения платежей. В недавней презентации, посвященной Дню инвестора Nutrient's, была представлена примерная структура данной программы¹⁶ (табл. IV.2).

¹⁵ Nutrien, 2020. <<https://www.nutrien.com/investors/news-releases/2020-nutrien-launching-industrys-most-comprehensive-carbon-program-drive>>.

¹⁶ Nutrien, 2020, p. 46. <<https://www.nutrien.com/sites/default/files/2020-11/2020%20Investor%20Day%20Final%20Presentation%20with%20Appendix.pdf>>.

3. Компании, осуществляющие мониторинг выбросов CO₂, и технологические провайдеры

В настоящее время наиболее эффективным инструментом мониторинга выбросов является дистанционное зондирование, под которым понимается сканирование земной поверхности спутником или самолетом с целью получения информации о земле или атмосфере. Оно дает значительные преимущества по сравнению с полевыми исследованиями и стандартизованными подходами (т.е. с использованием национальных баз данных) [Lees et al., 2018, p. 859]. В частности, относительно низкая стоимость и доступ к удаленным местам позволяют данной технологии преодолеть возможные манипуляции со стороны разных уровней органов власти и генераторов точечных выбросов (т.е. промышленных предприятий и незаконных свалок) [Pan et al., 2021, p. 1]. Ранее метод ограничивался прямо зафиксированными энергетическими выбросами, теперь технологии машинного обучения и больших данных позволяют объединить их с существующими базами данных. Ниже приведены два лидера в области мониторинга выбросов в режиме реального времени. Кроме того, рассмотрены две инициативы, одна из которых является примером платформы экологических услуг, объединяющей мониторинг и верификацию, а другая — сельскохозяйственной платформы, сфокусированной на качестве почвы и углеродных выбросах.

SilviaTerra – Basemap & Microsoft

Компания *SilviaTerra* была основана в 2010 г., она специализируется на дистанционном зондировании для мониторинга выбросов углекислого газа в режиме реального времени с использованием спутниковых технологий и больших объемов данных.

При запуске проекта был разработан способ сочетания спутниковых снимков с полевыми измерениями для определения площади, занимаемой каждой породой деревьев на единице площади леса. До недавнего времени компании *SilviaTerra* не хватало вычислительной мощности и машинного обучения для создания синтезированной карты в режиме реального времени. Партнерство с *Microsoft* в рамках работы *Ai for Earth* (2019) и недавний ра-

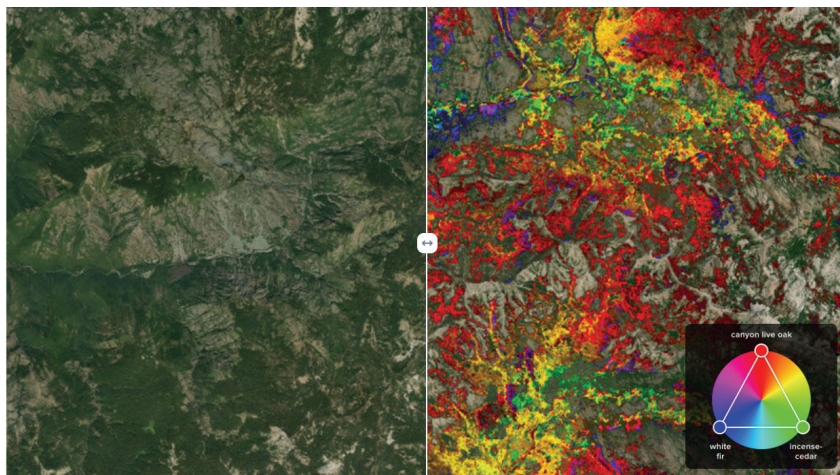


Рис. IV.2. Карта видов растительности Basemap

унд инвестиций (4,4 млн долл.) привели к созданию первого продукта *SilviaTerra* — *Basemap*. Следующим продуктом должен стать маркетплейс для разрешений на выбросы, сформированные лесами, известный как *Natural Capital Exchange*. На рис. IV.2 показана функциональность инструмента *Basemap*. Кроме того, создатели ожидают, что *Basemap* поможет точно оценить последствия лесных пожаров.

ClimateTRACE

Некоммерческая организация *ClimateTRACE* («Отслеживание выбросов парниковых газов в атмосферу в режиме реального времени») основана в 2019 г. как результат сотрудничества нескольких заинтересованных сторон¹⁷ и выросла из проекта, поданного на конкурс *Google's AI Impact Challenge*. В первоначальной версии проекта участники мониторили из космоса только электростанции, но впоследствии расширили наблюдения до всех источников выбросов. Применяемый метод предполагает перекрестную про-

¹⁷ ClimateTRACE, 2021. <<https://www.climate TRACE.org>>.

верку изображений в режиме реального времени с наборами данных для обеспечения надежности. По словам Мэтта Грея, директора Инициативы по отслеживанию выбросов парниковых газов (соучредитель *ClimateTRACE*), «[*ClimateTRACE*] предлагает потенциально мощное приложение для инвесторов с целью мониторинга и проверки выбросов тех активов, владельцы которых не желают или не могут раскрыть своевременные и точные данные»¹⁸.

Полноценный запуск *ClimateTRACE* должен состояться в июне 2021 г.

Patch

Компания *Patch* является одним из примеров B2B-платформы, позволяющей пользователям оценить собственный углеродный след и компенсировать его через финансирование сертифицированных проектов. Работа через стандартизированный протокол (API) позволяет интегрировать расчет в оказание других услуг и использовать его в собственных приложениях¹⁹ — например, на сайтах электронной торговли (перевозка углеродно нейтральных грузов), туристических компаний (перевозка с нулевым выбросом) и логистических провайдеров. *Patch* принимает верификацию всех основных стандартов (т.е. VCS, *GoldStandard* и т.д.) и дополняет ее собственными критериями устойчивости эффекта, удельного размера эффекта и др.

По словам одного из инвесторов²⁰, метод *Patch* позволяет выбрать наиболее эффективные и недорогие из представленных на рынке проектов.

¹⁸ Yale, 2020. <<https://yaleclimateconnections.org/2020/08/climate-trace-to-track-real-time-global-carbon-emissions/>>.

¹⁹ PitchBook, 2021. <<https://pitchbook.com/profiles/company/434394-37#overview>>.

²⁰ TechCrunch, 2021. <https://techcrunch.com/2021/02/04/andreessen-horowitz-could-make-the-carbon-offset-api-patch-its-latest-climate-bet/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAEcr67ktzJrdlvFpzbSmGkq55g9ZdP1XoWERT2LQbq82zgnc-M5ycbsqyAxONP26h4S8lxYoZd02kuveFdFD3j5Rd5WTemn6mKpkg3BnyTmIpSXxbyUuXsTV0iaMuj0zgChYQx9kOW3Yqc-imXM4lVM87PM8uHrOMhcBsXx-M7pD>.

Regrow

Regrow возник в результате слияния в феврале 2021 г. двух агротехнологических компаний — *FluroSat* и *Dagan* и в рамках своей модели является аналогом *Patch*, ориентированным на сельскохозяйственный рынок. К особенности модели можно отнести собственную рекомендательную систему, уточняющую для фермеров-клиентов комбинацию входных ресурсов (вода, удобрения и др.), которая способствует максимальному улавливанию углерода²¹.

²¹ TechCrunch, 2021. <<https://techcrunch.com/2021/02/23/ag-monitoring-start-up-flurostat-merges-with-soil-carbon-expert-dagan-to-form-regrow/>>.

V. Внутренний контекст

1. Способы взаимодействия и нормативный ответ

В России углеродные рынки пока не вполне рассматриваются как потенциальный источник экономического развития и решения экологических проблем, хотя с учетом высоких показателей углеродоемкости и низкого уровня энергоэффективности промышленных процессов, а также большого потенциала сокращения выбросов в лесном и сельскохозяйственном секторах страна может стать одним из ключевых поставщиков проектов, генерирующих единицы сокращения выбросов, в том числе для международных инвесторов. Сокращать выбросы в России дешевле, чем во многих других странах, таким образом, она может извлекать выгоды из участия в международных рыночных механизмах. Это уже происходило в рамках Киотского протокола, когда за счет участия в проектах совместного осуществления российские компании получили дополнительные доходы в размере 600 млн долл.

Российская стратегия реагирования на описанную ситуацию может быть рассмотрена с нескольких сторон. Во-первых, с точки зрения решения собственно экологических проблем, по крайней мере, тех из них, которые являются консенсусными для профессионального сообщества и должны быть решены независимо от того, существует парниковый эффект или нет. В частности, большинство задач национального проекта «Экология» так или иначе параллельно решают вопрос снижения объема выбросов.

С такой же «практической» точки зрения может быть рассмотрен вопрос повышения энергоэффективности экономики: существует много мероприятий, которые, будучи в первую очередь направлены на снижение себестоимости, несут прямой эффект

снижения выбросов. Естественное движение бизнеса к конкурентоспособности должно дать некоторый эффект.

Вторая точка зрения требует ответа, должна ли Россия считать этот вопрос действительно важным для себя и пытаться управлять объемом выбросов на определенном временном горизонте. Это требует, в частности, построения точной картины динамики объемов и структуры выбросов через их мониторинг и формирование системы верификации единиц сокращения выбросов.

Скорее всего, Россия не может рассчитывать на то, что вопрос мониторинга и верификации останется сугубо внутренним делом. Описанная во «Введении» к данному докладу проблема карбонового налога, по всей видимости, остро коснется российских экспортеров до конца 2020-х годов. До 2025 г. будет запущено несколько систем орбитального контроля за выбросом парниковых газов, в том числе европейская система CO₂M¹ и американская система ОСО-2², которые позволят обеспечить объективный контроль за промышленными выбросами в масштабах планеты. После появления этих систем возможности манипуляции страновой отчетностью по выбросам будут существенно ограничены.

И наконец, третья точка зрения относится к искусству апеллирования российской позиции на международной арене независимо от того, есть ли значимые побочные эффекты (первая точка зрения), реальные результаты от системной работы (вторая точка зрения) или все же любой результат может быть подведен под заранее известный ответ, поэтому этот ответ должен быть выработан и защищен (собственно, третья точка зрения). Сюда же можно отнести российское стремление наклеить на экспортируемый газ различные ярлыки — от «более зеленого» (в сравнении с углем) топлива до «будущего энергетики» (в случае с газом как сырьем для выработки промышленного водорода).

Долгое время с окончанием действия Киотского протокола Россия занимала промежуточную позицию между первой и третьей точками зрения и, в частности, последней из крупных эмитентов

¹ BBC: European Sentinel satellites to map global CO₂ emissions. 31 July 2020.

² NASA: Measuring carbon dioxide from space.

парниковых газов присоединилась к Парижскому соглашению. Однако перспективы введения Европейским союзом погранично-го корректирующего углеродного механизма уже в 2022 г. перевели обсуждение на качественно иной уровень.

На национальном уровне к 2030 г. Указом Президента России от 4 ноября 2020 г. № 666³ «О сокращении выбросов парниковых газов» поставлена цель сокращения выбросов до 70% от уровня 1990 г. с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов. Разработка Минэкономразвития в 2020 г. «Стратегии долгосрочного развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.»⁴ формально переводит российский ответ в плоскость второй точки зрения. Стратегия имеет два основных сценария низкоуглеродного развития: базовый, который принят за основу, и интенсивный. Сценарии не предполагают достижения углеродной нейтральности, однако закладывают снижение углеродоемкости российского ВВП на 9% к 2030 г. и на 48% к 2050 г. в сравнении с 2020 г.

Другие важные детали, которые превратят «Стратегию» в действенный документ, относятся к тому, когда и в каком виде будут созданы правовая основа и методологическая база для технологической трансформации экономики, введено национальное регулирование выбросов парниковых газов и создана система климатического мониторинга.

Вопрос о создании системы климатического мониторинга представляется самым техническим и, возможно, будет решен после подбора более дееспособного исполнителя. В частности, в январе стало известно о поручении⁵ вице-премьера Абрамченко о наделении ППК «Российский экологический оператор» функцио-налом оператора ИТ-системы мониторинга окружающей среды. Исходя из предварительного описания эта система будет частично дублировать разработки Росгидромета, и есть основания полагать, что сделает это лучше.

³ <<http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990>>.

⁴ <https://www.economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf>.

⁵ <<https://news.solidwaste.ru/2021/01/ppk-reo-stanet-operatorom-kompleksnoj-informatsionnoj-sistemy-monitoringa-sostoyaniya-okruzhayushhej-sredy-na-territorii-rf/>>.

Другим конкретным стратегическим шагом стало решение о проведении эксперимента⁶ в Сахалинской области, где впервые в России должна быть создана система торговли углеродными единицами и обеспечена углеродная нейтральность к 2025 г. Первая операция по передаче углеродных единиц согласно дорожной карте состоится уже в июле 2022 г.

Вместе с тем поставленные Россией количественные цели по сокращению выбросов парниковых газов (как цель в рамках Парижского соглашения, так и цель, заданная Указом Президента) с высокой вероятностью будут достигнуты даже без каких-либо дополнительных усилий. Сокращение выбросов до 70–75% от уровня 1990 г. фактически означает существенное их наращивание по сравнению с уровнем 2018 г. В период 1990–2018 гг. российские выбросы парниковых газов сократились на 30,4% без учета выбросов от землепользования, изменения в землепользовании и лесном хозяйстве (ЗИЗЛХ) и на 47,6% с учетом ЗИЗЛХ. В настоящее время объем выбросов парниковых газов в России находится на уровне цели, сформулированной в рамках Парижского соглашения, без учета ЗИЗЛХ и на 27,6 п.п. ниже цели, сформулированной с учетом ЗИЗЛХ. Цели, зафиксированные в проекте «Стратегии долгосрочного развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.», фактически предполагают наращивание выбросов на 27,3% к 2030 г. и на 22,1% к 2050 г. по сравнению с уровнем 2018 г. В таких условиях — без ужесточения национальной цели по сокращению выбросов — запуск национальной системы регулирования выбросов рискует стать формальностью, так как не сможет создать общих рамочных условий и стимулов для хозяйствующих субъектов к сокращению выбросов.

Одним из главных документов в архитектуре «Стратегии» должен стать Федеральный закон «О государственном регулировании выбросов и поглощений парниковых газов». Хотя его принятие несколько лет встречало отпор со стороны лобби в лице РСПП, сегодня промышленники-экспортеры ситуативно выступают за скорейшее его принятие, поскольку это даст им шанс избежать или минимизировать уплату европейского налога в случае успешного

⁶ <<http://government.ru/news/41350/>>.

создания, сертификации и распространения системы регулирования выбросов парниковых газов на горизонте 3—4 лет. Тем не менее пока законопроект о регулировании выбросов парниковых газов фактически предполагает выстраивание лишь системы мониторинга и отчетности компаний, но не системы стимулов для сокращения выбросов парниковых газов. Закон должен задать формы и механизм субсидирования внедрения низкоуглеродных технологий, что также представляет интерес для промышленности.

Что касается непосредственно поиска таких низкоуглеродных технологий, то на него в том числе направлен Указ Президента России от 8 февраля 2021 г. № 76 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений».

Указ предписывает правительству разработать и утвердить Федеральную научно-техническую программу в области экологического развития и климатических изменений на 2021—2030 гг., предусматривающую создание наукоемких технологических решений, направленных, в частности, на обеспечение устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов, для чего провести исследования источников и поглотителей парниковых газов и принять меры по уменьшению их негативного воздействия на окружающую среду. Финансирование мероприятий программы предполагается осуществлять за счет бюджетных ассигнований, в том числе предусмотренных на реализацию программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия».

5 февраля 2021 г. вышел Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 74 «О полигонах для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса». Приказ запускает реализацию двухлетнего пилотного проекта по созданию полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса, включая технологии дистанционного и наземного контроля эмиссии парниковых газов, и для проведения исследований источников и поглотителей парниковых газов.

Таким образом, в настоящее время происходит активное формирование нормативного «скелета» российской климатической политики. Важно, чтобы он был достаточно жестким, чтобы неизбежно направить производителей выбросов по пути конструктивного ответа, но в то же время достаточно гибким для маневра в части принимаемых мер.

2. Текущий баланс: физические ресурсы возможности

Рассмотрим, как баланс выбросов Российской Федерации выглядит на текущий момент. Как видим, основным источником выбросов является энергетика. Эта отрасль, как представляется, может достаточно легко обеспечить снижение выбросов на 100–200 млн т за счет экономически эффективных мероприятий. Важно поддержать имеющиеся внутриотраслевые механизмы, обеспечивающие тонкую настройку рынка электроэнергетики, и механизмы гарантирования инвестиций — такой, например, как механизм «альтернативной котельной». Общественный эффект от такого регулирования должен явно окупить себя: по предварительным расчетам «Газпром энергохолдинга» (ГЭХ)⁷, которые озвучил глава компании Денис Федоров, если бы этот налог действовал сегодня, в первой ценовой зоне энергорынка цена киловатт-часа выросла бы на 27%, во второй ценовой зоне — на 55%. Если добавить в портфель проекты усиленного ухода от сжигания угля (которые в Сибири не всегда являются экономически рациональными), можно добиться снижения еще на 100 млн т, что в сумме дает резерв в 25–30% по энергетической индустрии.

Возможности маневра следующей группы эмитентов — промышленности — представляются ограниченными. Являющиеся экспортерами отрасли (в частности, металлургия), они уже двадцать лет выстраивают такую цепочку себестоимости, которая обеспечит им достаточную конкурентоспособность на мировом

⁷ <<https://peretok.ru/articles/strategy/12950/>>.

рынке, поэтому в некоторой степени исчерпали возможности маневра. Однако даже в этих условиях отдельные игроки заявили⁸ о проекте прямого восстановления железа стоимостью 150 млрд руб., дающего снижение выбросов до 70%. Таким образом, резерв снижения промышленных выбросов может быть оценен в 10–20%.

Переходя к балансу сельского и лесного хозяйства, мы обнаруживаем, что эта отрасль является как крупным поглотителем выбросов (около 30% выбросов), так и, что может быть более удивительно, крупным эмитентом (6% приходится на земледелие и 3% на животноводство). Таким образом, с точки зрения влияния на управление балансом имеем вторую после энергетики и первую с точки зрения компенсаторных возможностей категорию, что противоречит традиционным оценкам. В частности, исследование *McKinsey*⁹ отводит почти 90% потенциала сокращения выбросов на меры по повышению энергоэффективности, лишь около 10% оставляя на сельское хозяйство. Управление этой категорией может стать ключевым с точки зрения решения изначальной проблемы.

Географические особенности баланса углерода в лесах России отражены в известном исследовании А. Швиденко и А. Щепаченко (IIASA)¹⁰ (рис. V.1). Авторы промоделировали потоки углерода в лесных экосистемах, а также учли все стоки и поглощения углерода, характерные для лесного сектора.

По мнению авторов исследования, самую большую роль в балансе углерода лесов России играют лесные пожары, лесозаготовки и фактор вечной мерзлоты. При таянии вечная мерзлота становится источником метана (CH₄) — парникового газа, обладающего в 80 раз большим воздействием на климат, чем угле-

⁸ <<https://www.kommersant.ru/doc/4475451>>.

⁹ <<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Pathways%20to%20an%20energy%20and%20carbon%20efficient%20Russia/Pathways%20to%20an%20energy%20and%20carbon%20efficient%20Russia%20RU%20full%20report.ashx>>.

¹⁰ Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 69–92. <<https://xn--80abmehbaib-gnewcmzjeef0c.xn--p1ai/articles/archive/arkhiv-2014/uglerodnyy-byudzhet-lesov-rossii/>>.

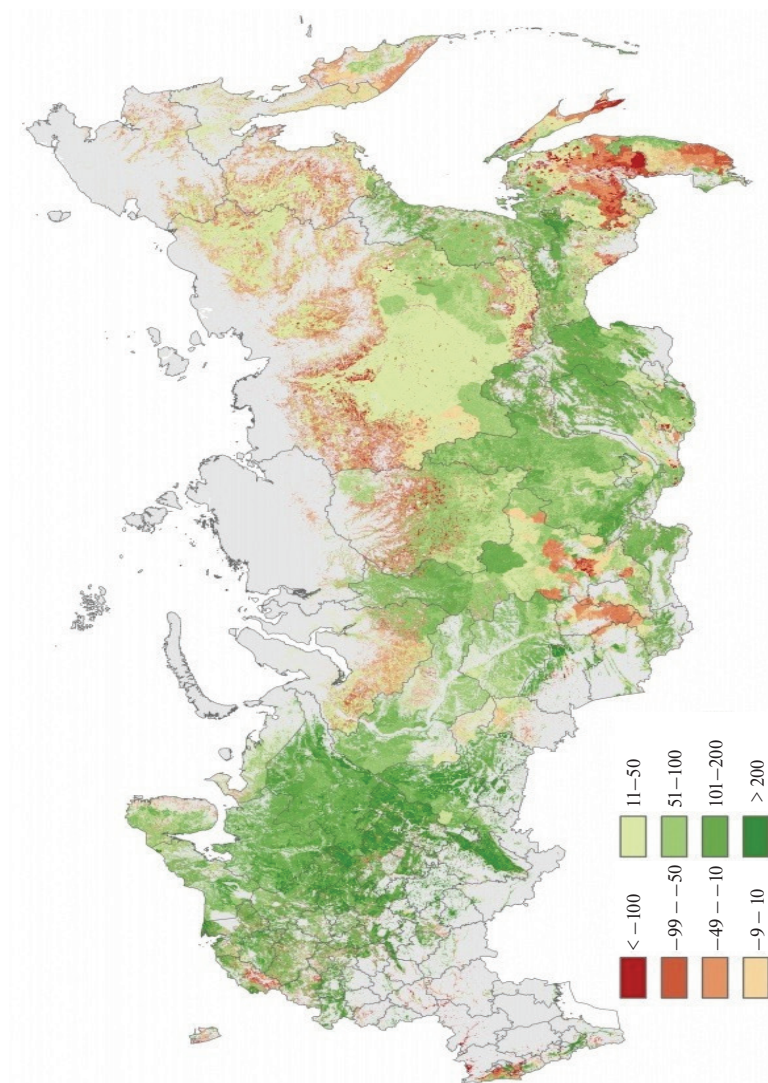
Таблица V.1. Баланс российских выбросов парниковых газов, млн т CO₂-эквивалента в год

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	в % для 2018
Энергетика:	1 601	1 668	1 721	1 731	1 667	1 665	1 663	1 663	1 701	1 753	
от сжигания ископаемых топлив	1 352	1 414	1 458	1 467	1 409	1 419	1 424	1 419	1 439	1 478	66,6
от потерь и технологических выбросов в атмосферу	249	254	263	265	259	248	241	247	264	279	12,6
Промышленные процессы и использование промышленной продукции:	207	196	200	216	220	220	219	218	232	243	
производство продукции из минерального сырья	36	37	39	41	43	42	39	36	36	37	1,7
химическая промышленность	59	50	47	56	60	57	56	58	69	78	3,5
металлургия	108	103	104	107	105	106	108	107	108	107	4,8
использование растворителей и энергетических продуктов из топлива	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	0,1
электронная промышленность	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
использование фторированных заменителей озоноразрушающих веществ	2	5	7	9	10	12	13	15	17	19	0,8
производство и использование другой продукции	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,1
Сельское хозяйство:	117	115	118	118	120	120	122	124	127	127	
внутренняя ферментация сельскохозяйственных животных	52	49	48	49	49	49	49	47	49	49	2,2
системы сбора и хранения навоза	12	13	13	13	14	14	14	14	14	15	0,7

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	в % для 2018
рисоводство	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,0
возделываемые почвы	52	52	56	54	56	56	57	61	62	62	2,8
известкование и внесение моче- вины	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,0
Отходы:	69	78	81	84	86	89	91	94	96	98	
захоронение твердых отходов	46	54	56	58	60	63	65	67	69	71	3,2
биологическая обработка твердых отходов	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
очистка жидких отходов и стоков	24	24	25	26	26	26	26	27	27	27	1,2
Всего, без учета лесного хозяйства и другого землепользования	1 995	2 058	2 120	2 148	2 093	2 094	2 094	2 098	2 155	2 220	100
Землепользование, изменение земле- пользования и лесное хозяйство	(540)	(723)	(688)	(681)	(614)	(670)	(582)	(601)	(591)	(591)	-26,6
лесные земли	(605)	(750)	(716)	(726)	(702)	(692)	(684)	(669)	(657)	(635)	-28,6
пахотные земли	64	58	82	60	70	60	70	90	83	70	3,1
луговые угодья	(73)	(48)	(82)	(51)	(21)	(86)	(40)	(52)	(49)	(54)	-2,4
водно-болотные угодья	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	0,1
земли поселений	24	(3)	8	15	15	5	49	9	9	9	0,4
другие земли	23	0	0	0	4	25	2	2	2	2	0,1
Всего, с учетом лесного хозяйства и другого землепользования	1 456	1 335	1 432	1 468	1 479	1 425	1 512	1 497	1 564	1 630	73,4

Источник: Собрано автором на основе данных Российского национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом.



Примечание. Знак (+) в легенде обозначает сток углерода, знак (-) — источник.

Рис. V.1. Чистый экосистемный углеродный бюджет лесов России, г/см² в год (по А. Швиленко, А. Шепашенко)

Источник: Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 69–92.

кислый газ (CO_2). Исследование показывает, что наибольшие положительные величины углеродного баланса лесов фиксируются на Европейской территории России, особенно в центральной и южной ее частях, а также в некоторых районах южной и центральной Сибири. В то же время ряд территорий имеют отрицательный баланс, это означает, что леса в них являются нетто-источником парниковых газов.

Территории с большим положительным балансом парниковых газов подходят для лесоклиматических проектов, в которых реализуется сценарий стабильного долгосрочного накопления углерода (например, проекты, связанные с лесоразведением и защитным лесоразведением). Территории с нейтральным или отрицательным балансом ПГ подходят для реализации лесоклиматических проектов, направленных на улучшение профилактики и повышение эффективности тушения лесных пожаров. Однако риски повреждения и даже уничтожения лесов в таких районах также высоки. В связи с этим необходимо разработать системы оценки рисков при реализации лесоклиматических проектов.

3. Возможности российского лесного и регенеративного сельского хозяйства

Занятный факт, что в состав Комитета по климатической политике и углеродному регулированию Российского союза промышленников и предпринимателей входит только один представитель лесной отрасли и ни одного — сельскохозяйственной. Это частично объясняется низкой концентрацией, но прежде всего отражает пропорции российского экспорта в Европу: дерево и изделия из него занимают в нем 1,5% по объему и 3,3% по стоимости¹¹, а также то, что абсолютный объем российского сельскохозяйственного экспорта идет на юг и на восток, т.е. на те территории, которые пока еще не ввели значимые для производителей пограничные барьеры.

¹¹ Данные ФТС, 2019 г.

Первый резерв, на который может опираться Россия, — большое количество неиспользуемых земель. Как говорится в Государственном докладе о состоянии и использовании земель в России в 2019 г.¹², по состоянию на начало прошлого года общая площадь земель сельхозназначения Росреестр оценивал в 381,7 млн га, в том числе сельхозугодий — 197,8 млн га. При этом, по разным оценкам, неиспользуемых сельхозземель в России насчитывается от 40 млн до 80 млн га¹³. Можно представить, что возвращенный на этой площади лес компенсирует, по консервативным оценкам, от 100 млн т CO₂. Частично эти территории уже заросли лесом, но такие леса никак не учитываются в статистике поглощения парниковых газов по причине того, что они не относятся к управляемым человеком лесам. В то же время постановлением Правительства России от 21 сентября 2020 г. № 1509 установлены особенности использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения, что открывает возможность перевода таких лесов в разряд управляемых. Важно отметить, что такие участки в целом более продуктивны, чем леса на землях лесного фонда, из-за плодородных почв.

Второй резерв в некотором смысле имеет «искусственный» характер, поскольку существующие в рамках Киотского протокола правила зачета нетто-поглощения в лесах при выполнении обязательств содержат искусственные ограничения, приводящие к возможности зачета лишь около ¼ от оценки Национального кадастра антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов Российской Федерации. Необходимо добиться максимально полного учета способности лесов поглощать парниковые газы в рамках нового соглашения. «Очевидно, что для оценки степени выполнения обязательств по сокращению выбросов парниковых газов необходимо учитывать совокупные выбросы и полное поглощение их управляемыми наземными экосистемами. С точки

¹² Росреестр, 2020 г. <<https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/%D0%93%D0%BE%D1%81%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%20%D0%B7%D0%B0%202019%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4.pdf>>.

¹³ <<https://rg.ru/2020/09/24/pravительство-opredelilo-priznaki-neispolzuemyh-selhozzemel.html>>.

зрения ведения хозяйственной деятельности любые ограничения на зачет лишают смысла дальнейшее наращивание усилий по поддержке и увеличению запасов углерода. Предложена возможность полного зачета нетто-поглощения в лесах при выполнении национальных обязательств при включении величины базового уровня бюджета углерода лесов в установленные количества выбросов 1990 г. Верификация результатов оценки по национальной методике Российской Федерации, используемой в кадастре выбросов и абсорбции парниковых газов, с данными кадастров других стран показывает, что она дает объективную оценку поглощающей способности лесов России. При корректном сравнении данных с учетом различий природно-климатических условий средние показатели нетто-поглощения в лесах России на 13% выше, чем в США, в 4 раза выше показателей Канады и лишь на 27% ниже среднего нетто-поглощения лесов Финляндии, где уровень пожарных нарушений в 100 раз ниже, чем в нашей стране» [Романовская и др., 2016, с. 213].

Третий важный резерв состоит в большом объеме выбросов CO_2 , которые несут лесные пожары. По оценке директора Института глобального климата и экологии имени академика Израэля А.А. Романовской¹⁴ обычно в год они составляют около 170 млн т, при этом в 2020 г. только на территории Якутии, по независимым наблюдениям¹⁵, выбросы составили 395 млн т. Очевидно, что максимальный эффект с точки зрения депонирования парниковых газов могут дать проекты, направленные на усиление профилактики лесных пожаров и сельхозпалов (со стороны арендаторов лесного фонда, а также сельхозпользователей, соседствующих с лесным фондом), на усовершенствование охраны лесов от пожаров.

Четвертый резерв более сложный для оценки, поскольку относится к планомерной работе по улучшению ухода за лесом в лесном фонде, по реконструкции и посадке новых защитных лесных полос (в настоящее время примерно 50% их находится в неудовлетворительном санитарном состоянии) за счет выполнения

¹⁴ <<https://ria.ru/20190808/1557292850.html>>.

¹⁵ <<https://nplus1.ru/news/2020/09/03/arctic-wildfires>>.

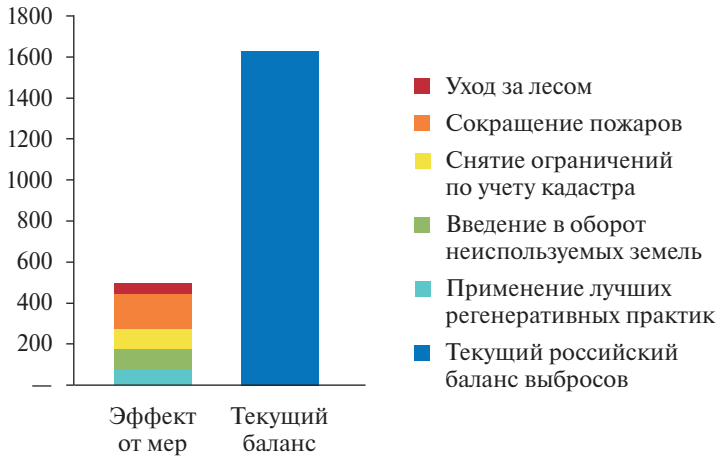


Рис. V.2. Эффект имеющихся резервов, млн т CO₂

«Стратегии защитного лесоразведения в России»¹⁶ и облесения (выполняются примерно на 10–15% от плана). Только одно из данных мероприятий — борьба с лесной эрозией — по данным нацдоклада по выбросам парниковых газов, обеспечивает депонирование около 6 млн т CO₂ в год, что эквивалентно эмиссии крупного сталелитейного предприятия.

Сводный эффект от перечисленных неисчерпывающих резервов представлен на рис. V.2. Можно дать данному объему стоимостную оценку: при консервативной цене 1 т, равной 10 долл., суммарный эффект может превысить 0,5 трлн долл.

Необходимо сказать о сравнительной стоимости реализации такого набора мер. Снятие ограничений является «условно бесплатной» мерой. Уход за лесом оценивается экспертами международного проекта *Drawdown* в 0,001 долл.¹⁷ за тонну эквивалента CO₂, но, на наш взгляд, должно быть дороже, впрочем, это все

¹⁶ Данная Стратегия разработана, но еще не одобрена на уровне Правительства России.

¹⁷ <<https://drawdown.org/solutions/forest-protection>>.

равно значение малого порядка. Тот же *Drawdown* оценивает затраты на введение в оборот неиспользуемых земель в 0,75–2,01 долл.¹⁸ за тонну эквивалента CO₂, что включает расходы на посадку деревьев. Оценить расходы на достаточное улучшение пожарной охраны затруднительно, но эффект минимизации ущерба от пожаров даже при цене 10 долл. будет кратно выше годового бюджета российской лесной пожарной охраны. Наконец, самая дорогая в нашем понимании мера — внедрение регенеративных практик: используемая нами в качестве сравнения цена в 10 долл. позволит некоторым проектам регенеративного земледелия¹⁹ лишь «выйти в ноль».

Существует еще одна отрасль значительно меньшего масштаба, чем рассмотренные выше, которая, однако, может внести сопоставимый вклад в решение проблемы. Это российская селекция.

Как было сказано, способность растений поглощать парниковые газы различается на порядок, теоретически только этими относительно малыми ресурсами можно привести российский баланс к нейтральному состоянию. Насколько нам известно, задача выведения наилучших связывающих сортов на повестке отрасли до сих пор не стояла.

Если озвученные планы российских компаний²⁰ по созданию так называемых «карбоновых хабов»²¹ будут реализованы, то нетрудно будет законодательно «связать» эти стороны и помочь селекционеру получить экономическую отдачу от селекционных результатов. Другими словами, создать такие условия, в которых работу селекционера оплатит рынок — например, через лицензионные платежи от семеноводческих организаций и надбавку к стоимости семян за поглощающие их характеристики (качество).

¹⁸ <<https://drawdown.org/solutions/tree-plantations-on-degraded-land>>.

¹⁹ <<https://drawdown.org/solutions/tree-intercropping>>.

²⁰ <<https://www.kommersant.ru/doc/4584070>>.

²¹ Под «карбоновым хабом» понимается сочетание проектов по снижению выбросов CO₂, реализованных одновременно на одной территории. Помимо площадей, засаженных поглощающими CO₂ растениями, такие проекты могут включать другие меры по повышению энергоэффективности, например, постройку мощностей ВИЭ (возобновляемых источников энергии).

4. Необходимые ближайшие шаги

Чтобы раскрыть описанные в предыдущем разделе резервы, по мнению авторов доклада, необходимо:

- обеспечить прозрачность в части разработки регуляторно-правовой базы стандартов измерения и отчетности по выбросам парниковых газов, в том числе обеспечить мониторинг, верификацию, сертификацию проектов на основе уточнения научных знаний о поглощениях на сельскохозяйственных землях и в лесах, в том числе в рамках карбоновых полигонов;
- пересмотреть национальную количественную цель по сокращению выбросов парниковых газов в сторону ее ужесточения;
- запустить систему добровольных проектов для создания возможностей для российских компаний, заинтересованных в сокращении углеродного следа, по реализации проектов в этой сфере (это могут быть авиакомпании, подпадающие под CORSIA, либо компании, подпадающие под пограничное регулирование);
- двигаться к выстраиванию полноценной системы регулирования в стране со стимулами для компаний сокращать выбросы (на основе цены на углерод — в виде системы торговли выбросами, углеродного налога или их гибридной формы) с возможностью встраивания в нее добровольных проектов по сокращению выбросов (в том числе в секторах лесного хозяйства и землепользования);
- интенсифицировать переговорный процесс с ЕС по поводу зачета единиц сокращений в рамках российских проектов по сокращению выбросов — сначала в целях сокращения углеродного следа российских компаний, подпадающих под действие пограничного компенсационного углеродного механизма, затем — европейских компаний, охваченных Европейской системой торговли выбросами;

- синхронизировать регуляторно-правовую базу стандартов отчетности и верификации выбросов с международными стандартами, в том числе с подходами США, где проекты регенеративного земледелия уже запускаются;
- в рамках формирования национальной системы углеродного регулирования отдельно рассмотреть вопрос о создании собственного стандарта (или стандарта в рамках БРИКС) сертификации и верификации единиц сокращения выбросов, учитывающего все локальные особенности, а также усилить взаимодействие в рамках БРИКС (в перспективе — с целью создания системы взаимозачета сокращений);
- на стратегическом уровне выстраивать комплексную систему землепользования, основанную на учете экосистемных услуг, предоставляемых сельскохозяйственными землями и лесами, включая услуги поглощения выбросов парниковых газов;
- вовлечь фонд российских заброшенных сельскохозяйственных земель в периметр управляемых;
- уделить большее внимание подходам, связанным с уходом за лесом: борьбе с облесением, защитному лесоразведению, повышению устойчивости лесонасаждений к изменениям климата, лесным пожарам, болезням, борьбе с эрозией. В целом усилить контроль за счет выполнения «Стратегии защитного лесоразведения в России» и облесения;
- уделить внимание проектам, направленным на усиление профилактики лесных пожаров и сельхозпалов (со стороны арендаторов лесного фонда, а также сельхозпользователей, соседствующих с лесным фондом), совершенствование охраны лесов от пожаров;
- поставить задачу для российской селекции по подготовке новых сортов для целей регенеративного земледелия и лесных проектов. В частности, одной из подзадач будет выведение сортов, способствующих поглощению парниковых газов;
- поставить задачу поддержки экспорта для новых продуктов регенеративного земледелия;

- рассмотреть возможность создания фонда поддержки инициатив регенеративного сельского хозяйства и карбоновых лесных технологий и предусмотреть механизмы его финансирования.

Авторы доклада полагают, что Россия находится в точке определенной исторической развилки. Изменения в сфере климатического регулирования представляют колоссальную угрозу для существующей структуры страновой экономики, преимущественно ориентированной на экспорт продукции нефтегазодобывающей и металлургической промышленности. Естественная реакция в этом случае — стремиться всеми силами использовать внешнеполитический ресурс для того, чтобы затормозить принятие неблагоприятных для России решений. Однако возможности для такого действия практически уже исчерпаны, и в самое ближайшее время компании — лидеры российской экономики начнут сталкиваться с крайне неблагоприятными условиями на внешних рынках. Вместе с тем, как показано в данном докладе, Россия обладает огромным природным потенциалом для сокращения карбонового следа страны и «озеленения» российского экспорта за счет развития регенеративного сельского и лесного хозяйства. Более того, начав развивать регенеративную экономику, страна получит шанс войти на международный рынок секвестрации, фактически создать новую отрасль экспорта «углеродных» решений и стать одним из ее глобальных лидеров — природа России создает для этого все предпосылки. Вопрос в том, будет ли этот шанс использован.

Литература

Иванов А.Ю., Куликов Р.С., Харченко М.М. (ред.) (2020). Селекция 2.0. Научный доклад НИУ ВШЭ и ФАС России. М.: Изд. дом ВШЭ.

Министерство экономики Бразилии (2019). Ministério da Economia avança nas discussões sobre mercado de carbono no Brasil // Сайт Правительства Бразилии. <<https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2019/12/ministerio-da-economia-avanca-nas-discussoes-sobre-mercado-de-carbono-no-brasil>> (дата обращения 01.03.2021).

ООН (2017). Рамочная конвенция ООН об изменении климата. Доклад Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата о работе ее 23-й сессии, состоявшейся в Бонне с 6 по 18 ноября 2017 г. Добавление. Часть вторая: Меры, принятые Конференцией сторон на ее двадцать третьей сессии. FCCC/CP/2017/11/Add.1 // Сайт Рамочной конвенция ООН об изменении климата. <<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2017/cop23/rus/11a01r.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Романовская А.А., Трунов А.А., Коротков В.Н., Карабань Р.Т. (2016). Проблема учета поглощающей способности лесов России в Парижском соглашении // Лесоведение. № 5. С. 323–334.

Aertsens J., De Nocker L., Gobin A. (2013). Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture // Land Use Policy. No. 31. P. 584–594 // Сайт Science Direct. <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.09.003>> (дата обращения 01.03.2021).

Amelung W. et al. (2020). Towards a global-scale soil climate mitigation strategy // Nature Communications. No. 11 (1). P. 1–10 // Сайт журнала Nature. <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-18887-7>> (дата обращения 01.03.2021).

Anderegg W.R.L. et al. (2020). Climate-driven risks to the climate mitigation potential of forests // Science. No. 368 (6497) // Сайт журнала Science. <<https://doi.org/10.1126/science.aaz7005>> (дата обращения 01.03.2021).

Arabella Advisors (2018). The Global Fossil Fuel Divestment and Clean Energy Investment Movement // Сайт Arabella Advisors. <<https://www.arabellaadvisors.com/wp-content/uploads/2018/09/Global-Divestment-Report-2018.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Biden J. (2020). The Biden Plan to Ensure the Future is «Made in All of America» by All of America's Workers // Сайт Джозефа Байдена. <<https://joebiden.com/made-in-america/>> (дата обращения 01.03.2021).

Besseau P., Graham S., Christophersen T. (2018). Restoring forests and landscapes: the key to a sustainable future. International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) on Behalf of the Global Partnership on Forest and Landscape Restoration (GPFLR) // Сайт Глобального партнерства по восстановлению лесов и ландшафтов. <https://www.forestlandscaperestoration.org/images/gpflr_final%2027aug.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

Bhattacharyya R., Prakash V., Kundu S., Srivastva A.K., Gupta H.S., Mitra S. (2010). Long term effects of fertilization on carbon and nitrogen sequestration and aggregate associated carbon and nitrogen in the Indian sub-Himalayas // Nutrient Cycling in Agroecosystems. No. 86(1). P. 1–16 // Сайт Springer Link. <<https://doi.org/10.1007/s10705-009-9270-y>> (дата обращения 01.03.2021).

Biden J. (2021). Executive Order on Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad // Сайт Белого дома. <<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/01/27/executive-order-on-tackling-the-climate-crisis-at-home-and-abroad/>> (дата обращения 01.03.2021).

Bloomberg News (2020). The Secret Origins of China's 40-Year Plan to End Carbon Emissions. A veteran Communist Party bureaucrat quietly changed climate history // Сайт Bloomberg News. <<https://www.bloomberg.com/news/features/2020-11-22/china-s-2060-climate-pledge-inside-xi-jinping-s-secret-plan-to-end-emissions>> (дата обращения 01.03.2021).

Brainard L., Sorkin I. (eds.) (2010). Climate Change, Trade, and Competitiveness: Is a Collision Inevitable? Brookings Trade Forum. 2008/2009. Brookings Institution Press.

Byrne D. et al. (2018). Non-technical Summary: Results-based Agri-environment Pilot Schemes in Ireland and Spain. Report prepared for the European Union, Agreement No. 07.027722/2014/697042/SUB/B2 // Сайт проекта RBAPS. <https://rbapseu.files.wordpress.com/2019/01/rbaps_es01_non_technical-summary.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

Canadell J.G. et al. (2007). Chapter 6: Saturation of the Terrestrial Carbon Sink // Сайт Global Terrestrial Carbon Project. <<https://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/Canadell.2007.SinkSaturation.Springer.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Cederberg Capital (2020). Virtual Investor Day, October 2020 // Сайт Cederberg Capital. <https://www.cederbergcap.com/reports/pdfs/Investor%20Day%20Introduction_Dawid%20Krige.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

Center for Climate and Energy Solutions (2009). Global Emissions. Greenhouse Gas Emissions for Major Economies, 1990–2030 // Сайт Центра решений в области климата и энергетики. <<https://www.c2es.org/content/international-emissions>> (дата обращения 01.03.2021).

Ceulemans R., Deraedt W. (1999). Production physiology and growth potential of poplars under short-rotation forestry culture // Forest Ecology and Management.

No. 121 (1–2). P. 9–23 // Сайт Science Direct. <[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00564-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00564-7)> (дата обращения 01.03.2021).

Chabay I. (2018). Land degradation and restoration // In Ilan Chabay, Companion to Environmental Studies // Сайт Taylor and Francis Group. <<https://doi.org/10.4324/9781315640051-105>> (дата обращения 01.03.2021).

Charnovitz S., Fischer C. (2014). Canada — Renewable Energy: Implications for WTO Law on Green and Not-So-Green Subsidies // Nota di Lavoro. No. 94.2014. Fondazione Eni Enrico Mattei. Italy, Milan.

Chaturvedi R.K., Raghubanshi A.S., Singh J.S. (2011). Carbon density and accumulation in woody species of tropical dry forest in India // Forest Ecology and Management. No. 262 (8). P. 1576–1588 // Сайт Science Direct. <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.07.006>> (дата обращения 01.03.2021).

Climate Analytics and New Climate Institute (2020). Paris Agreement turning point. Wave of net zero targets reduces warming estimate to 2.1 °C in 2100 // Сайт New Climate Institute. <https://newclimate.org/wp-content/uploads/2020/12/CAT_2020-12-01_Briefing_GlobalUpdate_Paris5Years_Dec2020.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

Cliton Bezerra P., Malheiros de Oliveira Y. (2012). O Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC). Корпорация по исследованиям в области сельского хозяйства при Министерстве сельского хозяйства, животноводства и снабжения страны (Embrapa) // Сайт Embrapa. <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/73528/1/O-Programa-Agricultura-de-Baixo-Carbono-ABC.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Comas L.H. et al. (2013). Root traits contributing to plant productivity under drought // Frontiers in Plant Science. No. 4 (Nov.). P. 1–16 // Сайт журнала Frontiers in Plant Science. <<https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00442>> (дата обращения 01.03.2021).

Congressional Research Service (2020). EPA's Affordable Clean Energy Rule and Related Issues: Frequently Asked Questions // Сайт Службы исследований Конгресса США. <<https://fas.org/sgp/crs/misc/R46482.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Cosslett C.E., International E.S. (2013). Understanding the potential impacts of REDD+ on the financing and achievement of sustainable forest management. (Iss. March). <https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2015/03/Understand_in Impacts_REDD+.pdf>.

Davies M.H. (1976). The origins and practice of psychodrama // British Journal of Psychiatry. No. 129 (9). P. 201–206 // Сайт Cambridge University Press. <<https://doi.org/10.1192/bjp.129.3.201>> (дата обращения 01.03.2021).

Dayal P. (2000). Carbon Trading and Sequestration Projects Offer Global Warming Solutions // EM: Air and Waste Management Association's Magazine for Environmental Managers. MAR. P. 15–24.

Dix M.E., Hill D.B., Buck L.E., Rietveld W.J. (1997). Forest Farming: An Agroforestry Practice. Agroforestry Notes (USDA-NAC). <<https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/agroforestrynotes/an07ff01.pdf>>.

DOE (2015). Carbon Transformation and Transport in Soil [Illustration]. U.S. Department of Energy Office of Biological and Environmental Research. <https://public.ornl.gov/site/gallery/originals/Carbon_Transformation_.jpg>.

Dosskey M. (1997). Riparian Buffers for Agricultural Land. (USDA-NAC). <<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=agroforestrynotes>>.

EcoMetrix Africa (2020). How Will Carbon Border Taxes Affect SA? // Сайт Ecometrix Africa. <<https://www.ecometrix.co.za/2020/05/05/what-are-carbon-border-taxes-and-how-will-it-affect-sa-business>> (дата обращения 01.03.2021).

Ecosystem Marketplace (2019). Financing Emissions Reductions for the Future: State of the Voluntary Carbon Markets 2019 // Сайт Forest Trends. <<https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2019/12/SOVCM2019.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

ELD (2013). Economics of Land Degradation (ELD) Initiative. A Global Initiative to Raise Awareness of the Economic Losses Arising from Land Degradation. June 2013. Interim report: A Summary Prepared by UNU-INWEH // Сайт Инициативы ELD. <https://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD_Interim_Report_Summary_2013_2_1.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

ELD (2015). The Economics of Land Degradation in Africa Benefits of Action Outweigh the Costs. A complementary report to the ELD Initiative // Сайт Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП). <<https://www.unenvironment.org/resources/report/economics-land-degradation-africa-benefits-action-outweigh-costsa-complementary>> (дата обращения 01.03.2021).

Environmental Defense Fund (2020). South Africa: An Emissions Trading Case Study // Сайт Фонда защиты окружающей среды. <<https://www.edf.org/sites/default/files/south-africa-case-study-may2015.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

EPA (1985). The Emissions Trading Policy in the United States of America: an Evaluation of its Advantages and Disadvantages and Analysis of its Applicability in the Federal Republic of Germany // Сайт Агентства США по охране окружающей среды. <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/900C0E00.pdf?Dockey=900C0E00.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

European Commission (2019). A European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent // Сайт Европейской комиссии. <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en> (дата обращения 01.03.2021).

European Commission (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions // Commission Work Programme 2021. «A

Union of vitality in a world of fragility». COM (2020) 690 final // Сайт Европейской комиссии. <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar%3A91ce5c0f-12b6-11eb-9a54-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF> (дата обращения 01.03.2021).

European Parliament (2020a). Committee on the Environment, Public Health and Food Safety. Draft Report on Towards a WTO-compatible EU carbon border adjustment mechanism (2020/2043(INI)) // Сайт Европейского парламента. <https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/ENVI-PR-648519_EN.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

European Parliament (2020b). Opinion of the Committee on International Trade for the Committee on the Environment, Public Health and Food Safety on Towards a WTO-compatible EU carbon border adjustment mechanism (2020/2043(INI)) // Сайт Европейского парламента. <https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/INTA-AD-657463_EN.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

FAO (2019). FAO's Work on Climate Change. United Nations Climate Change Conference 2019 // Сайт ФАО. <<http://www.fao.org/3/ca7126en/ca7126en.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

FAO (2020a). Transforming agri-food systems to feed the world and tackle climate change // Сайт ФАО. <<http://www.fao.org/news/story/en/item/1364561/icode>> (дата обращения 01.03.2021).

FAO (2020b). Addressing forestry and agroforestry in National Adaptation Plans. In Addressing forestry and agroforestry in National Adaptation Plans // Сайт ФАО. <<https://doi.org/10.4060/cb1203en>> (дата обращения 01.03.2021).

Federative Republic of Brazil (2010). Second National Communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change // Сайт Программы Euroclima+. <[http://euroclimaplus.org/intranet/_documentos/repositorio/Segunda%20Com%202010-ilovepdf-compressed%20\(1\).pdf](http://euroclimaplus.org/intranet/_documentos/repositorio/Segunda%20Com%202010-ilovepdf-compressed%20(1).pdf)> (дата обращения 01.03.2021).

Federative Republic of Brazil (2016). Third National Communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Executive Summary // Сайт Рамочной конвенции ООН об изменении климата. <<https://unfccc.int/resource/docs/natc/branc3es.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Feliciano D., Ledo A., Hillier J., Nayak D.R. (2018). Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? // Agriculture, Ecosystems and Environment. No. 254 (February). P. 117–129 // Сайт Science Direct. <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.032>> (дата обращения 01.03.2021).

Friedlingstein P., Allen M., Canadell J.G., Peters G.P., Seneviratne S.I. (2019). Comment on «The global tree restoration potential» // Science. No. 366 (6463). P. 76–79 // Сайт журнала Science. <<https://doi.org/10.1126/science.aay8060>> (дата обращения 01.03.2021).

Gans W., Hintermann B. (2013). Market Effects of Voluntary Climate Action by Firms: Evidence from the Chicago Climate Exchange // *Environmental and Resource Economics*. No. 55 (2). P. 291–308 // Сайт Springer Link. <<https://doi.org/10.1007/s10640-012-9626-7>> (дата обращения 01.03.2021).

Gorte R.W. (2009). U. S. Tree Planting for Carbon Sequestration. Congressional Research Service. No. 7 // Сайт Федерации американских ученых. <<https://fas.org/sgp/crs/misc/R40562.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Greenham T., Link M. (2020). Farming Smarter: The Case for Agroecological Enterprise // Сайт Комиссии по продовольствию, сельскому хозяйству и сельским территориям. <<https://ffcc.co.uk/assets/downloads/FFCC-2020-Farming-Smarter-The-case-for-agroecological-enterprise.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Griscom B.W. et al. (2017). Natural climate solutions // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. No. 114 (44). P. 11645–11650 // Сайт Академии наук США. <<https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>> (дата обращения 01.03.2021).

Griscom B.W. et al. (2020). National mitigation potential from natural climate solutions in the tropics // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. No. 375 (1794) // Сайт Королевского общества. <<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0126>> (дата обращения 01.03.2021).

Hinchee M. et al. (2009). Short-rotation woody crops for bioenergy and biofuels applications // *In Vitro Cellular and Developmental Biology — Plant*. No. 45 (6). P. 619–629 // Springer Link. <<https://doi.org/10.1007/s11627-009-9235-5>> (дата обращения 01.03.2021).

HLPE (2019). Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security // Сайт ФАО. <<http://www.fao.org/agroecology/database/detail/en/c/1242141>> (дата обращения 01.03.2021).

Huang G. et al (2018). Performance, economics and potential impact of perennial rice PR23 relative to annual rice cultivars at multiple locations in Yunnan Province of China // *Sustainability (Switzerland)*. No. 10 (4). P. 1–18 // Сайт базы публикаций MDPI. <<https://doi.org/10.3390/su10041086>> (дата обращения 01.03.2021).

International Carbon Action Partnership (2021a). China launches operational phase of national ETS // Сайт Международного партнерства по совместным действиям в области углеродной политики. <<https://icapcarbonaction.com/en/news-archive/742-china-launches-operational-phase-of-national-ets>> (дата обращения 01.03.2021).

International Carbon Action Partnership (2021b). ETS Detailed Information. China National ETS // Сайт Международного партнерства по совместным

действиям в области углеродной политики. <https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems%5B%5D=55> (дата обращения 01.03.2021).

International Carbon Action Partnership (2021в). ETS Detailed Information. Brazil // Сайт Международного партнерства по совместным действиям в области углеродной политики. <[https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems\[\]=79](https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems[]=79)> (дата обращения 01.03.2021).

International Energy Agency (2020). South African Carbon Tax // Сайт Международного энергетического агентства. <<https://www.iea.org/policies/3041-south-african-carbon-tax>> (дата обращения 01.03.2021).

Isagi Y., Kawahara T., Kamo K., Ito H. (1997). Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand // *Plant Ecology*. No. 130 (1). P. 41–52 // Сайт Springer Link. <<https://doi.org/10.1023/A:1009711814070>> (дата обращения 01.03.2021).

Jana B.K., Biswas S., Majumder M., Roy P.K., Mazumdar A. (2011). Carbon sequestration rate and aboveground biomass carbon potential of three young species in lower Gangetic plain // *Journal of Environmental Science & Engineering*. No. 53 (3). P. 299–308.

Joshi N.R., Tewari A., Singh V. (2013). Biomass and carbon accumulation potential towards climate change mitigation by young plantations of *Dalbergia sissoo* Roxb. and *Eucalyptus* hybrid in Terai Central Himalaya, India // *American Journal of Research Communication*. No. 1 (4). P. 261–274.

Kaul M., Mohren G.M.J., Dadhwal V.K. (2010). Carbon storage and sequestration potential of selected tree species in India // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. No. 15 (5). P. 489–510 // Сайт Springer Link. <<https://doi.org/10.1007/s11027-010-9230-5>> (дата обращения 01.03.2021).

Kay S. et al. (2019). Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe // *Land Use Policy*. No. 83. July 2019. P. 581–593 // Сайт Science Direct. <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.025>> (дата обращения 01.03.2021).

Keenan R.J. et al. (2015). Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015 // *Forest Ecology and Management*. No. 352. P. 9–20 // Сайт Science Direct. <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>> (дата обращения 01.03.2021).

Kell D.B. (2011). Breeding crop plants with deep roots: Their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration // *Annals of Botany*. No. 108 (3). P. 407–418 // Сайт журнала *Annals of Botany*. <<https://doi.org/10.1093/aob/mcr175>> (дата обращения 01.03.2021).

KPMG (2020). South Africa: Regulations implementing carbon tax // Сайт KPMG <<https://home.kpmg/us/en/home/insights/2020/06/tnf-south-africa-regulations-implementing-carbon-tax.html>> (дата обращения 01.03.2021).

Lal R. (2018). Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems // *Global Change Biology*. No. 24 (8). P. 3285–3301 // Сайт Wiley Online Library. <<https://doi.org/10.1111/gcb.14054>> (дата обращения 01.03.2021).

Lees K.J., Quaipe T., Artz R.R.E., Khomik M., Clark J.M. (2018). Potential for using remote sensing to estimate carbon fluxes across northern peatlands — A review // *Science of the Total Environment*. No. 615. P. 857–874. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.103>>.

Lenton T.M. (2010). The potential for land-based biological CO₂ removal to lower future atmospheric CO₂ concentration // *Carbon Management*. No. 1 (1). P. 145–160 // Сайт Taylor Francis Online. <<https://doi.org/10.4155/cmt.10.12>> (дата обращения 01.03.2021).

Leyen U. von der, Šefčovič M. (2020). State of the Union 2021. Letter of Intent to President David Maria Sassoli and to Chancellor Angela Merkel // Сайт Европейской комиссии. <https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/state_of_the_union_2020_letter_of_intent_en.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

Lobovikov M., Schoene D., Yping L. (2012). Bamboo in climate change and rural livelihoods // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. No. 17 (3). P. 261–276. <<https://doi.org/10.1007/s11027-011-9324-8>>.

Lorenz K., Lal R., Preston C.M., Nierop K.G.J. (2007). Strengthening the soil organic carbon pool by increasing contributions from recalcitrant aliphatic bio(macro) molecules // *Geoderma*. No. 142 (1–2). P. 1–10 // Сайт Science Direct. <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.07.013>> (дата обращения 01.03.2021).

Lynch J.M., Whipps J.M. (1990). Substrate flow in the rhizosphere // *Plant and Soil*. No. 129 (1). P. 1–10 // Сайт Springer Link. <<https://doi.org/10.1007/BF00011685>> (дата обращения 01.03.2021).

Macfarland K. (2017). Alley Cropping: An Agroforestry Practice. Agroforestry Notes (USDA-NAC). <<https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/agroforest-rynotes/an12ac01.pdf>>.

Magar L.B. et al. (2018). Total Biomass Carbon Sequestration Ability Under the Changing Climatic Condition by *Paulownia tomentosa* Steud // *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. No. 6 (3). P. 220–226. <<https://doi.org/10.3126/ijasbt.v6i3.20772>> (дата обращения 01.03.2021).

Maily D., Christanty L., Kimmins J.P. (1997). «Without bamboo, the land dies»: Nutrient cycling and biogeochemistry of a Javanese bamboo talun-kebun system // *Forest Ecology and Management*. No. 91 (2–3). P. 155–173 // Сайт Science Direct. <[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03893-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03893-5)> (дата обращения 01.03.2021).

Marsh J., Polderman A.K.S. (2008). Science for a better life // *European Science Editing*. No. 34 (4). P. 108 // Сайт C&EN Archives. <<https://doi.org/10.1021/cen-v088n017.obc>> (дата обращения 01.03.2021).

Matthews H.D. et al. (2014). National contributions to observed global warming. 9 Environmental Research Letters 014010 // Сайт IPOscience. <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/1/014010/pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Mchenry M.P., Kulshreshtha S.N., Lac S. (2015). Land use, land-use change and forestry // Land Use, Land-Use Change and Forestry. P. 1–160. <<https://doi.org/10.4337/9781849805834.00023>> (дата обращения 01.03.2021).

McKinsey & Company (2009). Pathways to a Low-Carbon Economy for Brazil // Сайт McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/infrastructure/pdfs/pathways_low_carbon_economy_brazil.ashx> (дата обращения 01.03.2021).

Meidan M. (2020). Unpacking China's 2060 carbon neutrality pledge. The Oxford Institute for Energy Studies // Сайт Оксфордского института энергетических исследований. <<https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2020/12/Unpacking-Chinas-carbon-neutrality-pledge.pdf>> (дата обращения: 01.03.2021).

Merino I., Contreras A., Jing Z.P., Gallardo F., Cánovas F.M., Gómez L. (2014). Plantation forestry under global warming: Hybrid poplars with improved thermotolerance provide new insights on the in vivo function of small heat shock protein chaperones // Plant Physiology. No. 164 (2). P. 978–991. <<https://doi.org/10.1104/pp.113.225730>>.

Michael R. et al. (2010). A Synthesis of the Science on Forests and Carbon for U.S. Forests. Issues in Ecology // Ecological Society of America, Report No. 13. Spring 2010 // Сайт Лесной службы США. <https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2010_gryan_m002.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

Moreno J.L. et al. (2017). Agro-forestry management of Paulownia plantations and their impact on soil biological quality: The effects of fertilization and irrigation treatments // Applied Soil Ecology. No. 117–118 (May). P. 46–56 // Сайт Science Direc. <<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.001>> (дата обращения 01.03.2021).

Mosier A.R., Halvorson A.D., Reule C.A., Liu X. J. (2006). Net Global Warming Potential and Greenhouse Gas Intensity in Irrigated Cropping Systems in Northeastern Colorado // Journal of Environmental Quality. No. 35 (4). P. 1584–1598.

Mulligan J., Rudee A., Lebling K., Levin K., Anderson J., Christensen B. (2020). CarbonShot: Federal Policy Options for Carbon Removal in the United States. World Resources Institute. January 1996 // Сайт Института мировых ресурсов. <<https://www.wri.org/publication/carbonshot-federal-policy-options-for-carbon-removal-in-the-united-states>> (дата обращения 01.03.2021).

Newton P., Civita N., Frankel-Goldwater L., Bartel K., Johns C. (2020). What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes // Frontiers in Sustainable Food Systems. No. 4 (Oc-

tober). P. 1–11 // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. <<https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.577723>> (дата обращения 01.03.2021).

Nori (2019). *Croplands Methodology V1.1*. <<https://nori.com/resources/croplands-methodology>>.

Palma J. H. N. et al. (2007). Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. No. 119 (3–4). P. 320–334 // *Science Direct*. <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.021>> (дата обращения 01.03.2021).

Paulsen H. M. (ed.) (2020). Inventory of techniques for carbon sequestration in agricultural soils // Сайт Южной организации Нидерландов по сельскому хозяйству и садоводству. <<https://www.zlto.nl/stream/20200313-cf-rapport.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Pan G., Xu Y., Ma J. (2021). The potential of CO₂ satellite monitoring for climate governance: A review // *Journal of Environmental Management*. No. 277 (April 2020). <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111423>>.

Paustian K. et al. (2020). Climate Mitigation Potential of Regenerative Agriculture is significant! June. No. 1–4 // Сайт Ринстонского университета. <https://scholar.princeton.edu/sites/default/files/tsearchi/files/paustian_et_al._response_to_wri_soil_carbon_blog_.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

Pauwelyn J. (2015). Carbon Leakage Measures and Border Tax Adjustments under WTO Law // Calster G. van, Prévoost D. (eds) *Research Handbook on Environment, Health and the WTO*. Northampton: Edward Elgar.

Pauwelyn J., Kleimann D. (2020). Trade Related Aspects of a Carbon Border Adjustment Mechanism. A Legal Assessment // Сайт Европейского парламента. <[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/603502/EXPO_BRI\(2020\)603502_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/603502/EXPO_BRI(2020)603502_EN.pdf)> (дата обращения: 01.03.2021).

Pretty J. et al. (2001). Policy Challenges and Priorities for Internalizing the Externalities of Modern Agriculture // *Journal of Environmental Planning and Management*. No. 44 (2). P. 263–283.

Ramseur J. L. (2019). The regional greenhouse gas initiative: Background, impacts, and selected issues // *Key Congressional Reports for July 2019*. Part IV. P. 3–34.

Reisner Y., de Filippi R., Herzog F., Palma J. (2007). Target regions for silvoarable agroforestry in Europe // *Ecological Engineering*. No. 29 (4). P. 401–418 // *Science Direct*. <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.09.020>> (дата обращения 01.03.2021).

Republic of South Africa (2019). Act to provide for the imposition of a tax on the carbon dioxide (CO₂) equivalent of greenhouse gas emissions; and to provide for matters connected therewith // *Government Gazette*. Vol. 647. No. 42483. 23 May 2019. Schedule 2 // Сайт Правительства Южной Африки. <<https://www.gov.za/>

sites/default/files/gcis_document/201905/4248323-5act15of2019carbontaxact.pdf> (дата обращения 01.03.2021).

Rhodes C.J. (2017). The imperative for regenerative agriculture // *Science Progress*. No. 100 (1). P. 80–129.

Ryan M.R. et al. (2018). Managing for Multifunctionality in Perennial Grain Crops // *BioScience*. No. 68 (4). P. 294–304.

Rytter L., Rytter R.M. (2016). Growth and carbon capture of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) under north European conditions — Estimates based on reported research // *Forest Ecology and Management*. No. 373. P. 56–65.

S&P Global Platts (2020). Brazilian carbon credit first trade at near \$10/CBIO // Сайт S&P Global Platts. <<https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/oil/061220-brazilian-carbon-credit-first-trade-at-near-10cbio>> (дата обращения 01.03.2021).

Sacco A. Di et al. (2020). Ten Golden Rules for Reforestation to Optimise Carbon Sequestration, Biodiversity Recovery and Livelihood Benefits // *Global Change Biology*, pre-print. 25 January 2021 // Сайт Wiley Online Library. <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcb.15498>> (дата обращения 01.03.2021).

Savory Institute (2015). Restoring the climate through capture and storage of soil carbon through holistic planned grazing // Сайт Savory Institute. <<https://savory.global/wp-content/uploads/2017/02/restoring-the-climate.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

SCBD (2010). Sustainable use of biological diversity in socio-ecological production landscapes. Background to the «Satoyama Initiative for the benefit of biodiversity and human well-being» // CBD Technical Series No. 52 // Сайт «Портал окружающей среды». <[http://www.environmentportal.in/files/sustainable use of biological diversity.pdf](http://www.environmentportal.in/files/sustainable%20use%20of%20biological%20diversity.pdf)> (дата обращения 01.03.2021).

Schroth G. et al. (2002). Mineral nutrition of peach palm (*Bactris gasipaes*) in Amazonian agroforestry and recommendations for foliar analysis // *European Journal of Agronomy*. No. 17 (2). P. 81–92.

Simon F. (2020). Le mécanisme européen d'ajustement carbone aux frontières «n'est pas une taxe», selon Pascal Canfin // Euractiv. <<https://bit.ly/2XT7hG9>>.

Smith J.B. (2019). California Compliance Offsets: Problematic Protocols and Buyer Behavior. M-RCBG Associated Working Paper Series. No. 120 (May). <https://www.hks.harvard.edu/sites/default/files/centers/mrcbg/files/120_final.pdf>.

Sofa A. et al. (2005). Net CO₂ storage in mediterranean olive and peach orchards // *Scientia Horticulturae*. No. 107 (1). P. 17–24.

Steffen W. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet // *Science*. No. 347 (6223).

Stiglitz J. (2006). A New Agenda for Global Warming // *The Economists' Voice*. July // Pauwelyn J. Carbon Leakage Measures and Border Tax Adjustments under WTO Law in Geert van Calster and Denise Prévost (eds). *Research Handbook on*

Environment, Health and the WTO. P. 470 // Edward Elgar Publishing. <<https://www.elgaronline.com/downloadpdf/edcoll/9781847208972/9781847208972.00024.xml>> (дата обращения 01.03.2021).

Tai K. (2021). Remarks from Ambassador Katherine Tai on Trade Policy, the Environment and Climate Change // Сайт Управления Торгового представителя США. <<https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2021/april/remarks-ambassador-katherine-tai-trade-policy-environment-and-climate-change>> (дата обращения 16.04.2021).

Tett G., Giles C., Politi J. (2020). US threatens retaliation against EU over carbon tax // Financial Times. 27 January 2020 // Сайт Financial Times. <<https://www.ft.com/content/f7ee830c-3ee6-11ea-a01a-bae547046735>> (дата обращения 01.03.2021).

Thorup-Kristensen K. et al. (2020). Digging Deeper for Agricultural Resources, the Value of Deep Rooting // Trends in Plant Science. No. 25 (4). P. 406–417.

Tsarev A.P. (2003). Native and cultivated poplars in Russia Forest fund of Russia // Сайт ФАО. <<http://www.fao.org/forestry/6504-06bca73890f1bbfa7a4ac67e5aad5d268.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Turner P.A. et al. (2018). The global overlap of bioenergy and carbon sequestration potential // Climatic Change. No. 148 (1–2). P. 1–10 // Springer Link. <<https://doi.org/10.1007/s10584-018-2189-z>> (дата обращения 01.03.2021).

UNCCD (2020). The Great Green Wall Implementation Status and the Way Ahead to 2030 // Сайт Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием. <<https://www.unccd.int/publications/great-green-wall-implementation-status-and-way-ahead-2030>> (дата обращения 01.03.2021).

UNPRI (2019). What is the Inevitable Policy Response? (Iss. October). <<https://www.unpri.org/download?ac=11981>>.

Verra (2013). Approved VCS Methodology VM0022. <<https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VM0020-v1.0-Transportation-Energy-Efficiency-from-Lightweight-Pallets.pdf>>.

Weiderman K. (2013). What is silvopasture? Agroforestry Notes (USDA-NAC) <https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid=nrcseprd1210213&ext=pdf>.

Weiderman K. (2017). Can windbreaks benefit your soil health management system? <<https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/workingtrees/infosheets/WTInfoSheet-WBSoilHealth.pdf>>.

Weiler J.H.H. (2001). The Rule of Lawyers and the Ethos of Diplomats — Reflections on the Internal and External Legitimacy of WTO Dispute Settlement // Journal of World Trade. Vol. 35. Iss. 2. P. 197.

Whipps J.M. (1984). Environmental factors affecting the loss of carbon from the roots of wheat and barley seedlings // Journal of Experimental Botany. No. 35 (6). P. 767–773.

Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России

Whipps J.M. (1985). Effect of CO₂ concentration on growth, carbon distribution and loss of carbon from the roots of maize // *Journal of Experimental Botany*. No. 36 (4). P. 644–651.

Whipps J.M. (1987). Carbon loss from the roots of tomato and pea seedlings grown in soil // *Plant and Soil*. No. 103 (1). P. 95–100.

Whipps J.M., Lynch J.M. (1983). Substrate flow and utilization in the rhizosphere of cereals // *New Phytologist*. No. 95. P. 605–623.

Winans K.S., Tardif A.S., Lteif A.E., Whalen J.K. (2015). Carbon sequestration potential and cost-benefit analysis of hybrid poplar, grain corn and hay cultivation in southern Quebec, Canada // *Agroforestry Systems*. No. 89 (3). P. 421–433.

World Bank Group (2020). State and Trends of Carbon Pricing. <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809>> (дата обращения 01.03.2021).

WTO (2001a). Appellate Body Report, United States — Import Prohibition of Certain Shrimp and Shrimp Products. WT/DS58/AB/R.

WTO (2001b). European Communities — Measures Affecting Asbestos and Products Containing Asbestos. WT/DS135 // WTO. <https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds135_e.htm> (дата обращения 01.03.2021).

WTO (2013). Appellate Body Report, Canada — Certain Measures Affecting the Renewable Energy Generation Sector // Canada — Measures Relating to the Feed-In Tariff Program. WT/DS412/AB/R / WT/DS426/AB/R.

WTO (2020). Communication of the United States to the General Council of the WTO. Advancing Sustainability Goals through Trade Rules to Level the Playing Field. Draft Ministerial Decision. WT/GC/W/814 // WTO. <<https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=q:/WT/GC/W814.pdf>> (дата обращения 01.03.2021).

Об авторах

Иванов А.Ю. — соруководитель авторского коллектива, директор Института права и развития ВШЭ — Сколково, директор Международного центра конкурентного права и политики БРИКС, научный руководитель Центра технологического трансфера Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Дурманов Н.Д. — соруководитель авторского коллектива, специальный представитель Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по экологической и биологической безопасности, заместитель директора по развитию Института X-BIO Тюменского государственного университета

Лукша П.О. — директор фонда Global Education Futures, член-корреспондент Всемирной академии наук и искусств

Макаров И.А. — заведующий Научно-учебной лабораторией экономики изменения климата факультета мировой экономики и мировой политики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Орлов М.П. — ведущий эксперт Института права и развития ВШЭ — Сколково, руководитель проекта «Агрофинмост»

Пиксендеев К.В. — эксперт Центра технологического трансфера Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Птичников А.В. — старший научный сотрудник отдела физической географии и проблем природопользования Института географии РАН

Ровнов Ю.Е. — старший научный сотрудник Института права и развития ВШЭ — Сколково

Степанов И.А. — заместитель заведующего Научно-учебной лабораторией экономики изменения климата факультета мировой экономики и мировой политики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Харченко М.М. — директор Центра технологического трансфера Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Чертков Г.М. — аналитик Международного центра конкурентного права и политики БРИКС

Научное издание

**БИТВА ЗА КЛИМАТ:
КАРБОНОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ КАК СТАВКА РОССИИ**

Экспертный доклад

Под редакцией А.Ю. Иванова, Н.Д. Дурманова

Зав. редакцией *Е.А. Бережнова*

Редактор *Н.В. Андрианова*

Компьютерная верстка и графика: *О.А. Быстрова*

Корректор *Н.В. Андрианова*

Дизайнер *Д.П. Грабусов*

Все новости издательства — <http://id.hse.ru>

Подписано в печать 19.05.2021. Формат 60×88/16
Гарнитура Newton. Усл. печ. л. 7,3. Уч.-изд. л. 6,6
Тираж 100 экз. Изд. № 2526. Заказ №

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20,
тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15285

ООО «Фотоэксперт», 109316, Москва,
Волгоградский проспект, д. 42